ФИЗИЧЕСКОЕ ОБОЗРѢНІЕ

1911 г. ТОМЪ 12. № 3.

Отношеніе современной физики къ механическому міросозерцанію.

Макса Планка[1]).

Изъ всѣхъ мѣстъ, гдѣ происходили очередныя засѣданія нашего Общества, нельзя было выбрать болѣе соотвѣтственнаго, чѣмъ Кенигсбергъ, для того, чтобы охватить взоромъ общій ходъ развитія физическихъ теорій за послѣднее время. Я вспоминаю здѣсь не только о великомъ Кенигсбергскомъ философѣ, который съ геніальною смѣлостью пытался объяснить происхожденіе вселенной при помощи физическихъ законовъ, но и объ основателѣ теоретической физики въ Германіи, Францѣ Нейманѣ, и о глашатаѣ закона сохраненія энергіи, Германѣ фонъ Гельмгольтцѣ, который на этомъ мѣстѣ, 56 лѣтъ тому назадъ, объяснилъ членамъ Физико-Экономическаго Общества тогда еще совсѣмъ новыя понятія о потенціальной и кинетической энергіи на примѣрѣ молота подымаемаго водяною силою и затѣмъ ниспадающаго.

Съ тѣхъ поръ, какъ всякому извѣстно, физика пережила цѣлый рядъ непредвидѣнныхъ потрясеній. Если бы Гельмгольтцъ предсталъ теперь передъ нами, онъ несомнѣнно качалъ бы головою отъ удивленія, слушая о многихъ новыхъ физическихъ явленіяхъ. Прежде всего здѣсь слѣдуетъ отмѣтить громадные успѣхи экспериментальной техники. Они дали размахъ развитію физики; они были такъ неожиданны, что нынче мы склонны считать разрѣшимыми такіе вопросы, о возможности рѣшенія которыхъ нѣсколько десятковъ лѣтъ тому назадъ никто не смѣлъ даже мечтать.

---

[1]) Рѣчь, произнесенная на 82-мъ Съѣздѣ Общества нѣмецкихъ естествоиспытателей и врачей въ Кенигсбергѣ, 23 сентября 1910 г.

Вообще можно сказать, что теперь едва ли существуютъ такіе вопросы, которые не могли бы быть осилены въ техническомъ отношеніи. Но и въ теоретическомъ отношеніи проявилась не малая доля той рѣшимости и увѣренности, которую развили въ себѣ практики, и теоретики приступаютъ теперь къ дѣлу съ неслыханною для прежнихъ временъ смѣлостью; теперь нѣтъ ни одного физическаго положенія, которое можно было бы считать неопровержимымъ, какъ нѣтъ физической истины, которая не могла бы быть оспариваемой. Иногда даже получается впечатлѣніе, что теоретическая физика вновь вступаетъ въ эру хаоса.

Но чѣмъ труднѣе разбираться въ цѣломъ множествѣ новыхъ явленій, чѣмъ разнообразнѣе надвигающіяся на насъ новыя идеи, тѣмъ настоятельнѣе мы должны стремиться къ объединенію. Подобно тому, какъ успѣшное рѣшеніе любого экспериментальнаго вопроса можетъ быть обезпечено только соотвѣтственнымъ и цѣлесообразнымъ сопоставленіемъ отдѣльныхъ опытовъ, также точно и всякая рабочая гипотеза должна непремѣнно опираться на цѣлесообразное физическое міросозерцаніе для того, чтобы найти себѣ широкое и успѣшное примѣненіе къ правильной постановкѣ научныхъ вопросовъ. И не только для физики, но и для всего естествовѣдѣнія, стремленіе къ установленію всеобъединяющаго взгляда на природу имѣетъ первостепенное значеніе, такъ какъ переворотъ въ области физическихъ принциповъ не можетъ не отражаться и на остальныхъ естественныхъ наукахъ.

Изъ всѣхъ міросозерцаній механическое, безъ сомнѣнія, оказало до сихъ поръ физикѣ самыя важныя услуги. Если принять во вниманіе, что послѣднее въ сущности стремится къ объясненію всѣхъ качественныхъ разницъ посредствомъ движенія, то механическое міросозерцаніе можно характеризовать какъ такой взглядъ, по которому всѣ физическія явленія безъ исключенія должны окончательно приводиться къ движеніямъ неизмѣнныхъ и однородныхъ точекъ, или элементовъ, въ которыхъ сосредоточена масса. Во всякомъ случаѣ въ дальнѣйшемъ изложеніи я буду придерживаться этого опредѣленія механическаго міросозерцанія. Теперь напрашивается вопросъ: не утеряла ли эта гипотеза своего

основного значенiя и совмѣстима ли она съ современнымъ развитiемъ физики?

Были физики и философы, которые считали очевиднымъ, что на этотъ вопросъ слѣдуетъ отвѣтить утвердительно, и которые считали этотъ взглядъ за основной постулатъ физики. По ихъ мнѣнiю, непосредственная задача теоретической физики состоитъ въ приведенiи всего происходящаго въ природѣ къ движенiю. Противъ нихъ выступали болѣе скептическiе умы, сомнѣвавшiеся въ основномъ и универсальномъ характерѣ такой формулировки вопроса и считавшiе механическое мiросозерцанiе слишкомъ узкимъ и поэтому неспособнымъ обнять всего разнообразiя явленiй природы. Нельзя сказать, чтобы до сихъ поръ одно изъ этихъ противоположныхъ теченiй одержало окончательно верхъ надъ другимъ, и только въ наши дни, кажется, приготовляется окончательное рѣшенiе спора, какъ конечный результатъ глубоко идущаго движенiя, которое всецѣло овладѣло теоретической физикой. Оно носитъ столь радикальный и революцiонный характеръ, что волны его разойдутся далеко за предѣлы физики и перекатятся въ сосѣднiя области химiи, астрономiи и даже подмоютъ основы теорiи познанiя. Уже можно предвидѣть научные споры, которые по ихъ значенiю будутъ походить на борьбу за Коперниковское мiросозерцанiе. Что привело къ этой революцiи и какъ овладѣть вызваннымъ ею кризисомъ, я постараюсь теперь изложить.

Эпоха расцвѣта механическаго мiросозерцанiя принадлежитъ прошлому столѣтiю. Первый могучiй толчекъ въ этомъ направленiи былъ сдѣланъ открытiемъ закона сохраненiя энергiи; иногда, въ особенности въ первые годы, слѣдовавшiе за этимъ событiемъ, механическое мiросозерцанiе съ нимъ прямо отожествлялось. Недоразумѣнiе это слѣдуетъ объяснить тѣмъ, что съ точки зрѣнiя механическаго мiросозерцанiя можно весьма легко вывести принципъ сохраненiя энергiи; въ самомъ дѣлѣ, если допустить, что вся энергiя—механическаго происхожденiя, то принципъ ея сохраненiя есть ни что иное, какъ давно уже извѣстный въ механикѣ законъ живыхъ силъ. Съ этой точки зрѣнiя, въ природѣ существуетъ только два вида энергiи, кинетическая и по-

тенціальная, и вся задача сводится къ тому, чтобы при изслѣдованіи различныхъ формъ энергіи, какъ теплота, электричество, магнитизмъ, рѣшить, какой характеръ слѣдуетъ имъ приписать, потенціальный или кинетическій. На эту точку зрѣнія сталъ Гельмгольтцъ въ первой своей капитальной работѣ о сохраненіи силы. И прошло нѣкоторое время раньше, чѣмъ выяснилось, что законъ сохраненія энергіи ничего не предрѣшаетъ о самой природѣ энергіи; этотъ взглядъ, какъ извѣстно, съ самаго начала защищалъ Юлій Робертъ Мейеръ.

Но особенный размахъ механическому міросозерцанію придало развитіе кинетической теоріи газовъ. Послѣднее какъ нельзя лучше совпало съ направленіемъ, которое приняли въ это время химическія изслѣдованія. Въ этихъ послѣднихъ для яснаго различія между молекулой и атомомъ пришли къ закону Авогадро, какъ единственному критерію, опредѣляющему газообразную молекулу; этотъ законъ былъ выведенъ, какъ непосредственное слѣдствіе изъ кинетической теоріи газовъ, причемъ кинетическая энергія движущихся молекулъ была введена, какъ мѣра температуры. Такимъ образомъ, на основаніи атомистическихъ представленій можно было до мельчайшихъ подробностей чисто механическими соображеніями объяснить, какъ явленія диссоціаціи и ассоціаціи, изометріи и оптической дѣятельности молекулъ, такъ и физическія явленія тренія, диффузіи и теплопроводности.

Однако, еще оставалась неразрѣшенной задача, какъ посредствомъ движенія объяснить все разнообразіе химическихъ элементовъ. Но и этотъ вопросъ не казался безнадежнымъ, ибо періодическая система элементовъ какъ бы сама указывала на то, что есть только одинъ видъ матеріи, и хотя водородъ, какъ этого требовала гипотеза Прута, не могъ уже занять мѣсто протоматеріи, потому что атомные вѣса элементовъ никоимъ образомъ не могли быть выражены, какъ кратныя числа отъ атомнаго вѣса водорода, тѣмъ не менѣе, однако, оставалась возможность выбрать протоатомъ, образующій всѣ элементы, сколь угодно малымъ и сохранить такимъ образомъ единство строенія матеріи.

Нѣкоторое время казалось, что атомистической теоріи угрожаетъ серьезная опасность со стороны энергетическаго направленія въ термодинамикѣ. Такъ какъ было уже общепризнано, что механическаго міросозерцанія нельзя считать непосредственнымъ слѣдствіемъ изъ принципа энергіи, то второй законъ термодинамики и его многочисленныя примѣненія, въ особенности въ области физической химіи, породилъ нѣкоторое недовѣріе къ атомистикѣ. Общія положенія, которыя весьма просто и вполнѣ точно выводились изъ чистой термодинамики безъ всякихъ ограниченій, — какъ, напримѣръ, законы теплоты парообразованія и плавленія, осмотическаго давленія, электролитической диссоціаціи, пониженія точки замерзанія и повышенія точки кипѣнія,—не могли быть выведены посредствомъ атомистическихъ представленій иначе, какъ съ большимъ трудомъ и только съ нѣкоторымъ приближеніемъ, особенно въ области жидкостей и твердыхъ тѣлъ, гдѣ, собственно говоря, атомистика не была еще введена, между тѣмъ какъ методы термодинамики властно овладѣли всѣми тремя состояніями матеріи безъ исключенія, и въ области жидкихъ растворовъ дали наиболѣе блестящіе результаты. Но съ чѣмъ механическому міросозерцанію было труднѣе всего справиться, такъ это съ необратимостью явленій природы; такъ какъ въ механикѣ всѣ явленія обратимы, то только благодаря глубокому анализу и ничѣмъ не сокрушимому научному оптимизму Людвига Больтцмана удалось согласовать атомистику со вторымъ закономъ термодинамики и выяснить его основную идею при помощи атомистическихъ представленій.

Всѣ эти вопросы рѣшались легкомысленно, вѣрнѣе даже совсѣмъ не существовали для сторонниковъ чистой термодинамики, которые попросту игнорировали возможность приведенія тепловой химической энергіи къ механической и придерживались мнѣнія о существованіи различнаго рода энергій. По поводу этого Больтцманъ иногда глубоко скорбѣлъ, такъ какъ ему казалось, что кинетическая теорія газовъ вышла изъ моды. Но это не такъ. Прошло нѣсколько лѣтъ, и кинетическая теорія газовъ начала собирать богатую жатву, нисколько не уступающую прежней.

Вслѣдъ за этимъ чистая термодинамика дошла до своего естественнаго предѣла. Такъ какъ второй законъ термодинамики выражается въ общемъ случаѣ неравенствомъ, то равенства могутъ быть выведены изъ него только для состояній равновѣсія, но зато уже вполнѣ точно и универсально. Однако, когда мы покидаемъ эту область и задаемся вопросомъ о теченіи физическихъ или химическихъ явленій во времени, то второй законъ можетъ указать намъ только направленіе и, пожалуй, дать нѣкоторыя качественныя указанія для такихъ явленій, которыя весьма близки къ состоянію равновѣсія, но никоимъ образомъ не даетъ ни количественно величины для скорости реакціи, ни возможности вникнуть въ особенности протекающаго явленія. Въ подобныхъ случаяхъ нѣтъ другого исхода, какъ обратиться къ атомистическимъ представленіямъ, что всегда и вполнѣ оправдывалось. Особенно важны эти представленія для законовъ іонизаціи и вообще для всѣхъ тѣхъ явленій, въ которыхъ электроны играютъ какую нибудь роль. Кромѣ этого, я, къ сожалѣнію, долженъ удовлетвориться простымъ указаніемъ на то, что пониманіе явленій дисперсіи, катодныхъ и рентгеновскихъ лучей и всей радіоактивности немыслимо безъ кинетической атомистики.

Даже въ области термодинамики, въ случаѣ состояній равновѣсія, кинетическая теорія успѣла пролить свѣтъ на нѣкоторыя явленія, которыя оставались недоступными для чистой термодинамики. Такъ, она разъяснила эмиссію и абсорбцію тепловыхъ лучей, и объясненіемъ такъ называемаго Броуновскаго молекулярнаго движенія дала, такъ сказать, ощутительное доказательство необходимости и плодотворности своего существованія и этимъ весьма недавно отпраздновала свое полное торжество. Резюмируя все вышеизложенное, можно сказать, что въ областяхъ теплоты, химіи и теоріи электроновъ кинетическая атомистика не является больше одной рабочей гипотезой, а представляетъ прочно обоснованную теорію.

Но какъ же, однако, обстоитъ дѣло съ механическимъ міросозерцаніемъ? Послѣднее не удовлетворится атомистикой матеріи и электричества, но будетъ идти еще дальше и требовать приведенія всѣхъ явленій природы къ движенію отдѣльныхъ матеріальныхъ точекъ.

Самая блестящая, но въ то-же время и послѣдняя попытка привести всѣ явленія природы къ движенію заключается въ механикѣ Генриха Гертца. Въ ней стремленіе механическаго направленія къ единству міросозерцанія создало наиболѣе идеальную и законченную систему. Гертцовская механика не есть физика въ настоящемъ смыслѣ этого слова, это физика будущаго, или родъ физическаго символа вѣры. Она предлагаетъ замѣчательно послѣдовательную и стройную программу, которая оставляетъ всѣ сдѣланные въ этомъ направленіи опыты далеко позади. Герцъ не только стремится доказать, что механическое міросозерцаніе можетъ быть логически проведено, если сдѣлать предположеніе о движеніи матеріальныхъ точекъ,—этихъ единственныхъ элементовъ, изъ которыхъ построена вся вселенная,—но идетъ гораздо дальше, чѣмъ Гельмгольтцъ въ своей статьѣ о „Сохраненіи силы", потому что напередъ исключаетъ разницу между потенціальной и кинетической энергіей. Этимъ онъ устраняетъ всѣ вопросы объ изслѣдованіи специфическаго характера различныхъ видовъ энергіи. По мнѣнію Гертца, существуетъ не только одинъ единственный видъ матеріи—матеріальная точка, но и единственный видъ энергіи—кинетическая энергія.

Всѣ другіе виды энергіи, которые мы называемъ, напримѣръ, потенціальной, электромагнитной, химической, тепловой энергіей, въ сущности представляютъ кинетическую энергію движенія невидимыхъ матеріальныхъ точекъ, и то, что придаетъ этимъ энергіямъ все ихъ разнообразіе, есть ни что иное, какъ существующія въ природѣ прочныя связи между положеніями и скоростями соотвѣтствующихъ матеріальныхъ точекъ. Связи эти ни чѣмъ не нарушаютъ принципа сохраненія энергіи, такъ какъ онѣ не вліяютъ на величину тепловой силы, а только на направленіе движеній, подобно тому, какъ рельсы отклоняютъ движущійся поѣздъ, но не замедляютъ его. Всѣ движенія въ природѣ зависятъ, по Гертцу, въ послѣдней инстанціи исключительно отъ инерціи матеріи. Хорошей иллюстраціей этого взгляда можетъ служить кинетическая теорія газовъ, замѣнившая упругую энергію покоющихся частичекъ кинетической энергіей движущихся газовыхъ молекулъ. Это коренное упрощеніе

основныхъ предположенiй придаетъ положенiямъ Герцевской механики замѣчательную простоту и наглядность.

Но при болѣе близкомъ изслѣдованiи оказывается, что трудности не устранены, а только отодвинуты и отодвинуты въ область почти недоступную опытной провѣркѣ. Самъ Гертцъ долженъ былъ, вѣроятно, чувствовать это, такъ какъ согласно указанiю Гельмгольтца въ предисловiи къ посмертному изданiю, онъ нигдѣ не сдѣлалъ даже попытки пояснить на какомъ нибудь простомъ примѣрѣ характеръ введенныхъ имъ невидимыхъ движенiй съ ихъ своеобразными связями. И еще нынче въ этомъ направленiи мы не подвинулись ни на шагъ; напротивъ, мы увидимъ, что за этотъ промежутокъ времени развитiе физики пошло по другому пути, который уклоняется не только отъ пути, проложеннаго Гертцемъ, но и вообще отъ механической точки зрѣнiя. Это произошло потому, что среди наиболѣе тщательно изслѣдованныхъ физическихъ явленiй существуетъ еще большая группа такихъ, которая проведенiю механическаго мiросозерцанiя, повидимому, оказываетъ непреодолимое сопротивленiе.

Я обращаюсь теперь къ самому слабому мѣсту механической теорiи: къ свѣтовому эѳиру. Попытки выразить свѣтовыя волны при помощи движенiй мелко распредѣленнаго вещества не менѣе стары, чѣмъ волнообразная теорiя Гюйгенса, и потому рядъ представленiй, который былъ введенъ для объясненiя строенiя этой загадочной среды, отличается большою пестротою и большимъ разнообразiемъ. Хотя существованiе матерiальнаго свѣтового эѳира является постулатомъ механическаго мiросозерцанiя,—ибо въ соотвѣтствiи съ нимъ, гдѣ есть энергiя, тамъ должно быть движенiе, и гдѣ есть движенiе, тамъ должно быть то, что движется,—тѣмъ не менѣе насъ странно поражаютъ свойства этого эѳира, отличающагося отъ всѣхъ извѣстныхъ намъ веществъ. Такъ, напримѣръ, его плотность чрезвычайно мала въ сравненiи съ его громадною упругостью, отъ которой зависитъ необычайно большая скорость распространенiя свѣтовыхъ волнъ. По Гюйгенсу, который еще считалъ свѣтовыя волны продольными, свѣтовой эѳиръ можно было представлять себѣ, какъ особенно разрѣженный газъ, но по Френелю, безспорно

доказавшему поперечность этихъ волнъ, эѳиръ слѣдуетъ признавать твердымъ тѣломъ, потому что газообразная среда не можетъ передавать поперечныхъ свѣтовыхъ волнъ. Правда, много разъ пытались объяснить поперечныя волны процессами, несопровождаемыми треніемъ, подобно тому, какъ это имѣетъ мѣсто въ газахъ, но этотъ путь оказался не цѣлесообразнымъ уже потому, что въ свободномъ эѳирѣ не замѣчается ни абсорбціи свѣта, ни зависимости скорости распространенія отъ цвѣта лучей. Такимъ образомъ не было другого исхода, какъ признать эѳиръ твердымъ тѣломъ, обладающимъ тѣмъ особеннымъ свойствомъ, что небесныя тѣла движутся въ немъ безъ всякаго сопротивленія. Но это было только началомъ трудностей. Всякій опытъ примѣненія уравненій теоріи упругости твердыхъ тѣлъ къ свѣтовому эѳиру—приводилъ къ необходимости образованія продольныхъ волнъ, которыхъ въ дѣйствительности въ немъ нѣтъ, или, по крайней мѣрѣ, которыхъ, несмотря на всѣ усилія, не удалось обнаружить, а отъ этихъ продольныхъ волнъ нельзя было освободиться иначе, какъ при помощи предположенія о безконечно малой, или же безконечно большой сжимаемости эѳира. Но даже и при этомъ предположеніи оказалось непосильнымъ удовлетворить полностью всѣмъ предѣльнымъ условіямъ на границѣ двухъ неодинаковыхъ средъ.

Я отказываюсь здѣсь отъ изложенія тѣхъ весьма разнообразныхъ болѣе или менѣе сложныхъ предположеній, посредствомъ которыхъ старались побороть эти трудности, но укажу только на опасный симптомъ, сопровождающій обыкновенно безплодныя гипотезы, который и въ данномъ случаѣ отозвался весьма непріятно: я имѣю въ виду появленіе физическихъ споровъ, которыхъ нельзя рѣшить опытнымъ путемъ. Къ нимъ прежде всего слѣдуетъ отнести знаменитый споръ между Френелемъ и Нейманомъ о связи между направленіемъ колебаній прямолинейно поляризованнаго свѣта и плоскостью поляризаціи. Я не думаю, чтобы существовала другая область физики, въ которой по поводу, повидимому, неразрѣшимаго вопроса разразилась бы во всеоружіи опыта и теоріи столь упорная борьба.

Только съ появленіемъ электромагнитной теоріи свѣта споръ этотъ, признанный празднымъ, былъ прекращенъ, но

слѣдуетъ замѣтить, что празднымъ и безъ значенія онъ остается только для тѣхъ, кто признаетъ свѣтъ электродинамическимъ явленіемъ. Вѣдь задача механическаго объясненія свѣтовыхъ волнъ осталась при немъ неразрѣшенной и была отложена до разрѣшенія гораздо болѣе общаго вопроса о приведеніи всѣхъ электромагнитныхъ явленій, какъ статическихъ, такъ и динамическихъ, къ движенію. И дѣйствительно, съ дальнѣйшимъ развитіемъ электродинамики, интересъ къ этому вопросу возросталъ все сильнѣе. Его старались двинуть впередъ при помощи возможно всесторонняго изслѣдованія, съ точки зрѣнія наиболѣе общихъ соображеній, благодаря чему значеніе свѣтового эѳира опять возрасло. Вѣдь прежде онъ былъ только носителемъ свѣтовыхъ волнъ, теперь же онъ сдѣлался средою, въ которой, по крайней мѣрѣ въ пустотѣ, должна протекать вся совокупность электромагнитныхъ явленій.

Но все было напрасно: свѣтовой эѳиръ зло смѣялся надъ всѣми попытками истолковать его механически. Во всякомъ случаѣ удалось выяснить, что электрическая и магнитная энергія находятся, повидимому, въ такомъ же взаимномъ отношеніи, какъ кинетическая и потенціальная, но оставалось рѣшить, какую изъ нихъ: электрическую или магнитную, слѣдуетъ разсматривать, какъ кинетическую энергію. Въ первомъ случаѣ это привело бы въ оптикѣ къ Френелевской теоріи, во второмъ—къ Неймановской. Но надежда, что съ введеніемъ свойствъ статическихъ и стаціонарныхъ полей удастся установить критерій для рѣшенія вопроса, неразрѣшимаго съ точки зрѣнія чистой оптики, не оправдалась. Напротивъ, это еще въ большей степени запутало вопросъ. И когда, наконецъ, исчерпались всѣ мыслимыя предположенія и соображенія, введенныя для объясненія строенія эѳира, то въ этомъ отношеніи изъ всѣхъ великихъ физиковъ наибольшую дѣятельность вплоть до своей смерти развилъ лордъ Кельвинъ. Но вывести электродинамическія явленія въ свободномъ эѳирѣ изъ чисто механической гипотезы оказалось невозможнымъ, между тѣмъ какъ всѣ эти явленія съ дивною простотою и точностью воспроизводились даже въ мельчайшихъ подробностяхъ при помощи дифференціальныхъ уравненій Максвелла—Гертца. Такимъ образомъ, сами

законы вплоть до такихъ подробностей были прекрасно извѣстны, но опытъ механическаго толкованія этихъ простыхъ законовъ окончательно и безповоротно потерпѣлъ полное крушеніе. Я, по крайней мѣрѣ, думаю теперь, что не встрѣчу среди физиковъ серьезней оппозиціи, если скажу въ заключеніе, что признаніе точности и правильности простыхъ Максвелло-Гертцовскихъ дифференціальныхъ уравненій для электродинамическихъ явленій въ чистомъ эѳирѣ исключаетъ возможность ихъ механическаго толкованія. То, что Максвеллъ въ самомъ началѣ пришелъ къ своимъ уравненіямъ при помощи механическихъ представленій, ничего не мѣняетъ. Вѣдь не разъ случалось, что точный и правильный результатъ достигался путемъ не вполнѣ достаточнаго и не вполнѣ цѣлесообразнаго состоянія идеи. Кто сегодня желаетъ еще придерживаться механическаго толкованія электродинамическихъ явленій въ чистомъ эѳирѣ, тотъ не можетъ считать Максвелло-Гертцовскихъ уравненій вполнѣ точными и долженъ дополнять ихъ прибавленіемъ извѣстныхъ членовъ, меньшаго по величинѣ порядка. Противъ допустимости такой точки зрѣнія нельзя впередъ ничего возразить, и здѣсь опять открывается богатое поле для всякаго рода спекуляцій, но не слѣдуетъ забывать, что обосновать ее можно только экспериментальнымъ путемъ, причемъ нужно считаться съ вѣроятностью того, что при каждомъ такомъ опытѣ мы сильно рискуемъ къ безчисленному множеству уже существующихъ неудачныхъ попытокъ прибавить еще одну новую.

О такихъ опытахъ я уже говорилъ; объ одномъ только самомъ важномъ изъ нихъ я еще не упомянулъ, самомъ важномъ потому, что значеніе его нисколько не зависитъ отъ какихъ бы то ни было предположеній относительно природы свѣтового эѳира.

Независимо отъ того, какъ мы будемъ представлять себѣ эѳиръ, прерывнымъ или непрерывнымъ, состоящимъ изъ „эѳирныхъ атомовъ“ или „нейтроновъ“, всегда возникаетъ вопросъ, увлекается ли при движеніи прозрачнаго тѣла находящійся въ немъ свѣтовой эѳиръ вмѣстѣ съ движущимся тѣломъ, или же онъ остается при этомъ отчасти или полностью въ покоѣ?

На этотъ вопросъ можно сразу отвѣтить съ увѣренностью, что эѳиръ никогда не увлекается тѣломъ полностью, часто же практически не увлекается имъ совсѣмъ [1]). Въ движущемся газѣ, напримѣръ въ воздухѣ, свѣтъ распространяется независимо отъ собственной скорости газа; если прибѣгнуть къ обыденному выраженію, то можно сказать, что свѣтъ распространяется съ одинаковою скоростью какъ по вѣтру, такъ и противъ вѣтра.

Это доказалъ уже въ половинѣ прошлаго столѣтія Физо при помощи остроумно придуманныхъ интерференціонныхъ опытовъ. Поэтому мы должны думать, что эѳиръ, въ которомъ распространяются свѣтовыя волны, не подверженъ въ сколько нибудь замѣтной мѣрѣ вліянію движущагося воздуха и остается въ покоѣ, когда послѣдній черезъ него проходитъ. Если это такъ, то естественно возникаетъ второй вопросъ: какъ велика скорость, съ которою атмосферный воздухъ проходитъ черезъ эѳиръ?

И вотъ на этотъ вопросъ никакими измѣреніями до сихъ поръ не удалось найти отвѣта. Атмосферный воздухъ, окружающій землю, въ общемъ слѣдуетъ за ея движеніемъ, а его скорость относительно солнца равна приблизительно 30 км. въ секунду и непрерывно мѣняетъ свое направленіе въ зависимости отъ времени года. Несмотря на то, что эта величина составляетъ только одну десятитысячную скорости свѣта, тѣмъ не менѣе вполнѣ возможно на основаніи всего того, что мы до сихъ поръ знаемъ изъ оптики, придумать соотвѣтственные опыты, которые позволили-бы измѣрить величину скорости этого порядка. Изслѣдованія касательно измѣренія движенія земли относительно эѳира, выполняютъ не мало страницъ въ Анналахъ Физики. Но все остроуміе и талантъ экспериментаторовъ разбивались о твердую скалу дѣйствительности. Природа молчала и отказывалась отвѣчать. Нигдѣ не удалось обнаружить и слѣда вліянія движенія земли на оптическія явленія внутри нашей атмосферы. Наиболѣе поразителенъ въ этомъ отношеніи результатъ опытовъ Майкельсона, въ которыхъ скорость свѣта въ направленіи дви-

---

[1]) См. Физическое Обозрѣніе 1908 г., стр. 197.

женiя земли, сравнивалась съ его скоростью въ направленiи перпендикулярномъ къ движенiю земли. Въ этихъ опытахъ вопросъ отрицательно поставленъ такъ просто и наглядно, а методъ измѣренiя настолько чувствителенъ, что влiянiе движенiя земли должно было бы непремѣнно обнаружиться; однако, искомаго эффекта не нашли.

Въ виду столь труднаго и безвыходнаго положенiя дѣлъ для теоретической физики невольно напрашивается мысль, не лучше ли было бы приступить къ вопросу о свѣтовомъ эѳирѣ совсѣмъ съ другой стороны. Если бы въ самомъ дѣлѣ неудача всѣхъ опытовъ, относящихся къ механическимъ свойствамъ свѣтового эѳира, была принципiально вполнѣ обоснованной? Если бы всѣ разсмотрѣнные вопросы: о строенiи, плотности, объ упругихъ свойствахъ эѳира, о продольныхъ эѳирныхъ волнахъ, о связи между скоростью эѳира и плоскостью поляризацiи, о скорости земной атмосферы относительно эѳира, были лишены всякаго физическаго смысла? Тогда всѣ попытки, направленныя къ разрѣшенiю этихъ вопросовъ, слѣдовало бы отнести къ той же категорiи, что и попытки, сдѣланныя надъ построенiемъ perpetuum mobile. И вотъ вслѣдствiе этихъ соображенiй мы приходимъ къ поворотной точкѣ.

Въ своей знаменитой Кенигсбергской лекцiи, о которой была уже рѣчь, Гельмгольтцъ старался особенно сильно отмѣтить то, что первый шагъ къ открытiю закона сохраненiя энергiи былъ сдѣланъ въ тотъ моментъ, когда впервые возникъ вопросъ: каковы должны быть отношенiя между силами природы, если допустить невозможность построенiя perpetuum mobile? Точно также можно вполнѣ справедливо утверждать, что первый шагъ къ открытiю принципа относительности совпадаетъ съ вопросомъ: каковы должны были бы быть отношенiя между силами природы, если бы оказалось невозможнымъ доказать, что эѳиръ обладаетъ матерiальными свойствами? Если, напримѣръ, распространенiе свѣтовыхъ волнъ въ пространствѣ не связано съ какою бы то ни было матерiальною средою? Тогда, разумѣется, понятiе о скорости движущагося тѣла по отношенiю къ свѣтовому эѳиру не имѣло бы опредѣленнаго смысла и не могло бы подлежать измѣренiю.

Само собою очевидно, что съ этою точкою зрѣнія несовмѣстимо механическое міросозерцаніе. Поэтому тотъ, кто принимаетъ его за постулатъ физическаго мышленіе, никогда не будетъ въ состояніи примириться съ теоріей относительности. Но кто разсуждаетъ безъ предвзятыхъ мыслей, тотъ спроситъ сначала, куда ведетъ насъ этотъ принципъ. При этомъ понятно, что приведенная, чисто отрицательная формулировка новаго принципа, можетъ принести плоды только въ томъ случаѣ, если ее сочетать съ какимъ нибудь хорошо обоснованнымъ опытнымъ началомъ; для этой цѣли лучше всего подходятъ разобранныя выше Максвелло-Гертцовскія уравненія для явленій въ свободномъ эѳирѣ, или правильнѣе въ совершенной пустотѣ. Изъ всѣхъ средъ пустота представляетъ наиболѣе простую, и за исключеніемъ общихъ принциповъ едва ли во всей физикѣ извѣстны отношенія, которыя лучше и точнѣе передавали бы самыя сложныя явленія до мельчайшихъ подробностей, чѣмъ приведенная система уравненій.

Но новой правдѣ приходится всегда бороться въ началѣ съ извѣстными трудностями, и это вполнѣ естественно, такъ какъ, если бы этого не было, ее открыли бы гораздо раньше. Что касается теоріи относительности, то главная трудность лежитъ въ одномъ основномъ и прямо революціонномъ слѣдствіи, къ которому она приводитъ, и которое кореннымъ образомъ измѣняетъ наше понятіе о времени. Я постараюсь выяснить это ближе на конкретномъ примѣрѣ.

По принципу относительности оказывается абсолютно невозможнымъ доказать посредствомъ измѣреній, произведенныхъ внутри нашей солнечной системы, что всѣ ея составныя части обладаютъ какою-нибудь общею скоростью.

Поэтому, какъ бы ни была велика такая общая скорость, ея нельзя было бы обнаружить при помощи дѣйствій, вызванныхъ ею внутри системы. Астрономы свыклись уже съ этимъ положеніемъ, но и для физиковъ оно имѣетъ не меньшее значеніе. Всякому образованному человѣку извѣстно, что если мы наблюдаемъ на какомъ нибудь небесномъ свѣтилѣ, напримѣръ на солнцѣ, какое нибудь явленіе, то оно происходитъ на солнцѣ не въ тотъ моментъ, когда мы его воспринимаемъ на землѣ, но что между явленіемъ и его

воспріятіемъ протекаетъ нѣкоторое время, а именно время, потребное для прохожденія свѣта отъ солнца до земли. Если допустить, что солнце и земля находятся въ покоѣ,— на движеніе земли вокругъ солнца мы можемъ здѣсь не обращать никакого вниманіе,—то время это равно приблизительно 8 минутамъ. Но если солнце и земля движутся съ общею скоростью въ направленіи, напримѣръ, отъ земли къ солнцу, такъ что земля приближается къ тому мѣсту, гдѣ было первоначально солнце, а солнце съ одинаковою скоростью удаляется отъ того мѣста, гдѣ была первоначально земля, то протекшее время должно быть меньше. Въ самомъ дѣлѣ, свѣтовая волна, приносящая на землю вѣсть о происшедшемъ на солнцѣ явленіи, покинувъ солнце, пробѣгаетъ космическое пространство со скоростью свѣта независимо отъ движенія солнца, но навстрѣчу ей идетъ земля и встрѣчаетъ ее поэтому раньше, чѣмъ если бы она ожидала ее неподвижно на мѣстѣ. Наоборотъ, если земля удаляется отъ солнца, а солнце слѣдуетъ за нею на постоянномъ разстояніи, то время, протекшее между явленіемъ и его наблюденіемъ, будетъ больше.

Поэтому, когда спрашиваютъ: какое въ дѣйствительности протекаетъ время между явленіемъ на солнцѣ и его наблюденіемъ на землѣ, то вопросъ этотъ равнозначенъ слѣдующему: какова „дѣйствительная“ скорость солнца и земли? А такъ какъ послѣдній вопросъ—согласно принципу относительности—лишенъ всякаго смысла, то это въ равной мѣрѣ приложимо и къ первому вопросу, или, другими словами, показаніе времени обладаетъ въ физикѣ только тогда опредѣленнымъ смысломъ, когда принята въ расчетъ скорость наблюдателя, къ которому это показаніе относится.

Это слѣдствіе, по которому времени точно такъ же, какъ скорости, приписывается только относительное значеніе, по которому для двухъ взаимно независимыхъ явленій въ различныхъ мѣстахъ понятія „раньше“ и „позже“ для двухъ различныхъ наблюдателей могутъ даже обмѣняться своими значеніями, въ первый моментъ поражаетъ нашъ умъ, какъ нѣчто въ высшей степени странное и прямо непріемлемое, но, пожалуй менѣе непріемлемое, чѣмъ казался пятьсотъ лѣтъ тому назадъ взглядъ, по которому направленіе, называемое вертикальнымъ, не постоянно, а описываетъ въ

пространствѣ въ продолженіе сутокъ конусъ. Требованіе наглядности, хотя вполнѣ естественно и законно, можетъ, однако, сдѣлаться въ нѣкоторыхъ случаяхъ, въ особенности при проникновеніи новыхъ великихъ идей въ науку, настоящимъ тормазомъ. Правда, многія физическія понятія выросли на почвѣ непосредственной наглядности, но были и такія, которымъ, наоборотъ, пришлось завоевать себѣ мѣсто какъ разъ путемъ борьбы съ укоренившимися взглядами.

Всякій изъ насъ, вѣроятно, еще хорошо помнитъ, съ какими трудностями приходилось бороться его дѣтскому уму и воображенію, когда онъ въ первый разъ пытался представить себѣ, что на земномъ шарѣ есть люди, которые по отношенію къ намъ обращены головою внизъ и ходятъ по землѣ съ такою же увѣренностью, какъ и мы, и не только не падаютъ съ шара, но даже не чувствуютъ малѣйшаго неудобства отъ своего положенія. Кто попытался бы нынче сдѣлать упрекъ понятію относительности всѣхъ пространственныхъ направленій вслѣдствіе его ненаглядности, тотъ былъ бы по просту осмѣянъ. Нельзя поручиться, что черезъ пятьсотъ лѣтъ та же участь не постигнетъ того, кто сталъ бы оспаривать относительный характеръ времени.

Критерій для сужденія о новой физической гипотезѣ лежитъ не въ ея наглядности, а въ ея производительности. Если гипотеза окажется полезной, то къ ней привыкаютъ, и мало по малу ея наглядность устанавливается сама собою. Когда электромагнитныя дѣйствія были еще мало изслѣдованы, тогда казалось, что для выясненія свойствъ гальваническаго тока, электродвижущихъ силъ, магнитныхъ силовыхъ линій, нельзя обойтись, не прибѣгая къ представленіямъ о текущей водѣ, о гидравлическихъ насосахъ и о натянутыхъ каучуковыхъ трубкахъ. Теперь же въ большинствѣ случаевъ электротехники относятся съ презрѣніемъ къ этимъ неполнымъ аналогіямъ и предпочитаютъ пользоваться непосредственно электромагнитными представленіями, съ которыми они уже вполнѣ свыклись. Случилось даже обратное, и мнѣ пришлось замѣтить, что теперь стараются объяснить болѣе сложныя явленія гидродинамики, какъ, напримѣръ, вихревыя движенія Гельмгольтца, при помощи электромагнитныхъ аналогій.

Какъ въ этомъ отношеніи обстоитъ дѣло съ теоріей относительности? Безъ сомнѣнія, она предъявляетъ нашей способности отвлеченнаго мышленія въ физикѣ крайне высокія требованія, но за то ея методы весьма удобны и универсальны и приводятъ всегда къ строго опредѣленнымъ и сравнительно легко формулируемымъ результатамъ. Среди піонеровъ въ этой новой области слѣдуетъ отмѣтить на первомъ мѣстѣ Гендрика Антона Лорентца, который въ самомъ простомъ видѣ, безъ далеко идущихъ слѣдствій, ввелъ въ электродинамику понятіе относительнаго времени; затѣмъ Альберта Эйнштейна, который первый осмѣлился возвести относительность всѣхъ показаній времени въ универсальный постулатъ, и, наконецъ, Германа Минковскаго, которому удалось придать теоріи относительности законченную математическую форму.

Нѣтъ ничего удивительнаго въ томъ, что эти отвлеченные вопросы заинтересовали преимущественно математиковъ, въ особенности послѣ того, какъ оказалось, что примѣняемые къ ихъ изученію методы въ главныхъ чертахъ своихъ почти тѣ-же, что методы, выработанные для геометріи четырехъ измѣреній. Но и настоящіе безпристрастные физики— экспериментаторы не относятся враждебно къ теоріи относительности, а даютъ вопросу спокойно развиваться и свое отношеніе къ нему ставятъ просто въ зависимость отъ того, какіе результаты дастъ опытная его провѣрка. Здѣсь слѣдуетъ замѣтить, что хотя физическія слѣдствія, вытекающія изъ теоріи относительности, весьма многочисленны, но ихъ провѣрка ставитъ точности физическихъ измѣреній столь высокія требованія, что они совпадаютъ почти съ крайнимъ предѣломъ чувствительности измѣрительныхъ приборовъ. Это происходитъ, во первыхъ, отъ того, что скорости тѣлъ, надъ которыми мы производимъ измѣренія, обыкновенно ничтожны въ сравненіи со скоростью свѣта. Наибольшія скорости мы встрѣчаемъ у электроновъ; поэтому въ области ихъ динамики слѣдуетъ ожидать первыхъ положительныхъ и опредѣленныхъ результатовъ. Во вторыхъ, чувствительность приборовъ будетъ со временемъ все совершенствоваться, точность измѣреній повышаться, а провѣрка теоріи облегчаться. Дѣло здѣсь обстоитъ точно такъ же, какъ съ упо-

мянутымъ уже вопросомъ о фигурѣ нашей планеты. Если бы радіусъ земли не былъ столь великъ по сравненію съ имѣющимися въ нашемъ распоряженіи мѣрами длины, то шарообразность земли и относительность всѣхъ направленій въ пространствѣ были бы признаны гораздо раньше.

Но значеніе уже многократно приводимой мною аналогіи между пространствомъ и временемъ идетъ еще дальше. Это больше, чѣмъ аналогія; это тождество, по крайней мѣрѣ въ математическомъ смыслѣ. И, безъ сомнѣнія, главная заслуга Минковскаго состоитъ въ томъ, что онъ показалъ, что если измѣрять время въ соотвѣтственной, во всякомъ случаѣ воображаемой, единицѣ, то три измѣренія пространства и одно измѣреніе времени входятъ абсолютно симметрично во всѣ физическіе основные законы. Съ этой точки зрѣнія переходъ отъ одного пространственнаго направленія къ другому математически и физически вполнѣ равнозначенъ переходу отъ одной скорости къ другой, и ученіе объ относительномъ значеніи всякаго состоянія движенія составляетъ только дополненіе къ ученію объ относительности всѣхъ направленій въ пространствѣ. Подобно тому какъ послѣднее ученіе только послѣ долгой борьбы завоевало себѣ всеобщее признаніе, такъ точно и первое ученіе должно еще выдержать упорную борьбу, которая во всякомъ случаѣ не связана уже, какъ въ прошломъ, съ опасностью для жизни и цѣлости поборниковъ новшества. Наилучшее и, пожалуй, единственное средство, ведущее къ окончательному рѣшенію вопроса, заключается въ болѣе подробномъ изученіи тѣхъ слѣдствій, къ которымъ приводятъ новыя идеи, къ чему я теперь и приступаю.

По принципу относительности доступный нашему наблюденію физическій міръ обладаетъ четырьмя равнозначными, могущими замѣнять другъ друга измѣреніями. Три изъ нихъ мы называемъ пространствомъ, четвертое—временемъ. Такимъ образомъ, изъ всякаго физическаго закона при помощи перемѣны входящихъ въ него координатъ можно всегда вывести три другихъ закона.

Наивысшій физическій законъ и вѣнецъ всей системы составляетъ, по крайней мѣрѣ по моему мнѣнію, принципъ наименьшаго дѣйствія, заключающій всѣ четыре міровыя

координаты въ вполнѣ симметрическомъ расположеніи [1]). Отъ этого центральнаго начала симметрично въ четырехъ направленіяхъ расходятся четыре вполнѣ равнозначныя начала соотвѣтственно четыремъ міровымъ измѣреніямъ; измѣреніямъ пространства отвѣчаетъ тройной принципъ количествъ движенія, а измѣренію времени отвѣчаетъ принципъ энергіи. Никогда раньше не было возможно постигнуть глубокій смыслъ и общее начало этихъ принциповъ.

Отношеніе механическаго міросозерцанія къ энергетическому выступаетъ то же съ этой точки зрѣнія въ совсѣмъ новомъ освѣщеніи. Въ той же самой мѣрѣ, въ какой энергетическое міросозерцаніе основывается на принципѣ энергіи, механическое міросозерцаніе основывается на принципѣ количествъ движенія. Вѣдь три основныхъ закона движенія Ньютона суть ни что иное, какъ выраженіе принципа количествъ движенія въ примѣненіи къ матеріальной точкѣ. По этимъ законамъ измѣненіе количества движенія равно импульсу силы въ то время, какъ по принципу энергіи измѣненіе энергіи равно работѣ силы. Оба міросозерцанія, какъ механическое, такъ и энергетическое, страдаютъ такимъ образомъ извѣстною односторонностью, хотя первое изъ нихъ обладаетъ тѣмъ преимуществомъ, что оно соотвѣтственно векторіальному характеру количества движенія даетъ три уравненія, между тѣмъ какъ энергетическое даетъ только одно. Все сказанное, разумѣется, относится не только къ движенію одной матеріальной точки, но и вообще ко всякому обратимому процессу изъ области механики, электродинамики и термодинамики.

Изъ количества движенія или изъ энергіи движущагося тѣла можно вывести его инертную массу, которая, очевидно, съ этой точки зрѣнія теряетъ свой элементарный характеръ и нисходитъ до ряда производныхъ понятій. И въ самомъ

---

[1]) Въ виду того, что начало наименьшаго дѣйствія выражается обыкновенно интеграломъ по времени, могло бы казаться, что этимъ отдается извѣстное предпочтеніе времени. Но эта односторонность только кажущаяся и обусловлена принятымъ видомъ обозначеній. Слѣдуетъ только обратить вниманіе на то, что „количество дѣйствія" (величина, варіація которой становится равной нулю) какого бы то ни было физическаго процесса инваріантно по отношенію ко всѣмъ Лорентцовскимъ преобразованіямъ.

дѣлѣ, при такомъ толкованіи масса тѣла не выступаетъ уже въ качествѣ постоянной, но зависитъ отъ скорости, причемъ характеръ этой зависимости таковъ, что его инертная масса растетъ до безконечности, когда скорость тѣла возрастаетъ до величины скорости свѣта. Поэтому, по принципу относительности немыслимо сообщить тѣлу скорость, равную скорости свѣта или превышающую ее. Впрочемъ то, что масса тѣла не представляется постоянною, а, строго говоря, зависитъ даже отъ температуры, слѣдуетъ независимо отъ теоріи относительности прямо изъ того факта, что каждое тѣло скрываетъ въ себѣ въ зависимости отъ температуры извѣстное количество лучистой энергіи, инерцію которой впервые призналъ Фритцъ Газенёрль.

Если до сихъ поръ основное и общепринятое понятіе матеріальной точки теряетъ характеръ постоянства и неизмѣнности, то слѣдуетъ спросить, что же тогда остается существеннымъ, изъ какихъ неизмѣнныхъ камней воздвигнуто міровое зданіе физики? На это можно отвѣтить слѣдующее: неизмѣнные элементы основанной на принципѣ относительности системы физики—это такъ называемыя „универсальныя константы"; изъ нихъ на первомъ мѣстѣ скорость свѣта въ пустотѣ, электрическій зарядъ и масса покоющагося электрона, „элементарное количество дѣйствія", какъ оно вытекаетъ изъ теоріи теплового лучеиспусканія, и которое, вѣроятно, играетъ основную роль въ химическихъ процессахъ, постоянная тяготѣнія и, пожалуй, еще нѣкоторыя другія. Величины эти обладаютъ реальнымъ значеніемъ въ томъ смыслѣ, что онѣ не зависятъ отъ свойствъ, положенія и состоянія скорости наблюдателя. Впрочемъ, не слѣдуетъ забывать, что въ этой области остается еще выяснить много. Если бы мы были въ состояніи отвѣтить удовлетворительно на всѣ вопросы такого рода, то физика не была бы уже больше индуктивной наукой, а индуктивной наукой она считается всегда.

Какъ уже можно судить по этимъ немногимъ замѣчаніямъ, роль принципа относительности не только разрушительная, но, напротивъ, въ гораздо высшей мѣрѣ творческая и созидательная. Вѣдь онъ отбрасываетъ не больше, чѣмъ старую форму, которая и безъ того вслѣдствіе непрерывнаго

развитія науки была уже слишкомъ тѣсной и ненадежной. Онъ воздвигаетъ на мѣстѣ стараго и тѣснаго зданія новое, болѣе обширное и прочное, которое помѣститъ въ себѣ всѣ сокровища стараго зданія, само собою разумѣется, и всю изложенную выше атомистику, въ болѣе наглядной группировкѣ, и сверхъ того оставитъ достаточное и вполнѣ опредѣленное мѣсто для вновь ожидаемыхъ явленій. Онъ устраняетъ изъ физическаго міросозерцанія несущественныя составныя части, которыя были внесены случайнымъ сплетеніемъ нашихъ человѣческихъ представленій и привычекъ, и очищаетъ такимъ образомъ физику отъ антропоморфныхъ и индивидуальныхъ примѣсей, полное искорененіе которыхъ я попытался поставить на другомъ мѣстѣ [1]), какъ главную цѣль всякаго физическаго познанія. Онъ открываетъ передъ смѣлымъ изслѣдователемъ неизмѣримые горизонты чудной красоты и ведетъ его къ открытію отношеній, о которыхъ въ прежніе періоды даже не мечтали, и которыя были еще чужды самой совершенной по своей формѣ механикѣ Генриха Гертца. Кто разъ рѣшился на смѣлый шагъ, желая углубиться въ логическія слѣдствія этихъ новыхъ воззрѣній, тотъ не можетъ уже больше оторваться отъ ихъ чарующей прелести, и вполнѣ естественно, что столь художественно настроенная душа, какъ безвременно похищеннаго у науки Германа Минковскаго, воспламенилась отъ нихъ и засіяла, какъ факелъ.

Всѣ физическіе вопросы рѣшаются не съ эстетической точки зрѣнія, а при помощи опытовъ, и это равнозначно во всѣхъ случаяхъ съ безпристрастной, тяжелой и кропотливой работой надъ мельчайшими подробностями. Въ этомъ именно сказывается высокое значеніе принципа относительности, такъ какъ онъ даетъ на цѣлый рядъ до сихъ поръ совершенно темныхъ физическихъ вопросовъ безупречно точный и доступный опытной провѣркѣ отвѣтъ. Поэтому этотъ принципъ слѣдуетъ признать, по крайней мѣрѣ, какъ въ наивысшей степени производительную рабочую гипотезу, чего, разумѣется, нельзя сказать о механической гипотезѣ свѣтового эѳира. Теперь загорѣлся самый жестокій бой въ обла-

---

[1]) См. Физическое Обозрѣніе. 1910 г., стр. 68 и 203.

сти динамики электроновъ, которая, благодаря открытію электрическаго и магнитнаго отклоненія свободно летящихъ электроновъ, сдѣлалась доступною для самыхъ точныхъ и изысканныхъ наблюденій. Въ различныхъ лабораторіяхъ, независимо другъ отъ друга, теперь работаютъ просвѣщенные умы и опытныя руки, и исходъ борьбы слѣдуетъ ожидать съ тѣмъ большимъ напряженіемъ, что въ началѣ эти измѣренія какъ бы противорѣчили принципу относительности, между тѣмъ какъ въ послѣднее время чашка вѣсовъ стала, повидимому, склоняться больше въ сторону этого принципа.

Глаза многочисленныхъ физиковъ и друзей физики устремлены на эти основные опыты, а наше Общество обнаружило къ нимъ свой интересъ и присудило часть доходовъ изъ фонда Тренкле въ пользу экспериментальной работы въ этомъ направленіи. Будемъ надѣяться, что это будетъ счастливымъ шагомъ къ разрѣшенію этого вопроса.

Каковъ бы ни былъ исходъ: устоитъ ли принципъ относительности, или же отъ него нужно будетъ отказаться, стоимъ ли мы въ самомъ дѣлѣ на порогѣ новаго міросозерцанія, или же и эти усилія не будутъ въ состояніи вывести насъ изъ темноты, во всякомъ случаѣ нужно пролить въ эту область свѣтъ, и какою бы то ни было цѣною, такъ какъ и отрезвленіе, если оно только полное и окончательное, обозначаетъ шагъ впередъ, и жертвы, связанныя съ отказомъ отъ теоріи, сторицею окупятся сокровищами новаго познанія, которое при этомъ пріобрѣтется. Я смѣло могу высказать эти слова отъ имени нашего Общества, которому слѣдуетъ поставить въ особую заслугу то, что оно никогда не связывалось съ напередъ установленнымъ научнымъ маршрутомъ. Нѣтъ основаній сомнѣваться, что такъ будетъ и въ будущемъ, и что нашъ лозунгъ, какъ въ физикѣ, такъ и во всѣхъ естественныхъ наукахъ, будетъ насъ безостановочно вести впередъ, независимо отъ характера добытыхъ результатовъ, прямо навстрѣчу свѣту правды!

Новыя идеи въ современной физикѣ.

Д. А. Гольдгаммера[1]).

(*Окончаніе*).

IV.

Принципъ относительности.

Мы вращались до сихъ поръ въ кругу новыхъ идей, связанныхъ съ тѣмъ основнымъ механическимъ понятіемъ, которымъ является масса; другой кругъ новыхъ идей въ современной физикѣ группируется около другого основного механическаго понятія—понятія о равномѣрномъ движеніи по прямой линіи. Что можетъ быть проще этого явленія? Да, это явленіе само по себѣ очень просто, но дѣло оказывается вовсе не такъ просто, когда мы интересуемся физическими явленіями, совершающимися въ движущихся прямолинейно и равномѣрно тѣлахъ. Здѣсь возможны три случая: движутся тѣла—наблюдатель со своими инструментами и приборами находится въ покоѣ; движется наблюдатель—остаются въ покоѣ тѣла; наконецъ, движутся одновременно и тѣла, и наблюдатель однимъ движеніемъ.

Въ первыхъ двухъ случаяхъ физическія явленія представляются наблюдателю извращенными, и нѣкоторыя подобныя извращенія намъ извѣстны съ давнихъ поръ. Такъ, напримѣръ, если вслѣдствіе движенія увеличивается разстояніе между наблюдателемъ и звучащимъ тѣломъ, высота звука представляется наблюдателю пониженной; когда же разстояніе уменьшается, звукъ слышенъ болѣе высокій. Аналогичное явленіе есть и въ области оп-

[1]) См. „Физическое Обозрѣніе". № 2, 1911 г.

тики: если увеличивается разстояніе между наблюдателемъ и источникомъ свѣта, дающимъ, напримѣръ, зеленые лучи, то цвѣтъ лучей принимаетъ желтый оттѣнокъ; если же разстояніе между наблюдателемъ и источникомъ свѣта уменьшается, цвѣтъ получаетъ болѣе синій оттѣнокъ. Наиболѣе, однако, интереса представляетъ третій случай—одновременное движеніе и тѣлъ, и наблюдателя. Какія измѣненія наблюдаются тогда въ физическихъ явленіяхъ? Изслѣдованіе этого вопроса и привело современную физику къ тѣмъ новымъ идеямъ, о которыхъ сейчасъ будетъ рѣчь.

Какъ сказано, современная физика пришла къ мысли о томъ, что движеніе обычныхъ матеріальныхъ тѣлъ не сопровождается движеніемъ окружающаго ихъ эѳира; эѳиръ остается при этомъ въ покоѣ, и лишь возникновеніе въ немъ новыхъ электромагнитныхъ процессовъ, вслѣдствіе движенія матеріальныхъ тѣлъ, проявляется какъ масса, какъ инерція этихъ тѣлъ. Благодаря этому и скорость свѣта въ воздухѣ (по своимъ оптическимъ свойствамъ очень близкомъ къ свойствамъ эѳира) одна и та же, находится ли воздухъ въ движеніи, или въ покоѣ. Это можно обнаружить и непосредственнымъ опытомъ, изслѣдуя лучи свѣта вблизи, напримѣръ, быстро вращающихся круглыхъ пилъ: но въ такомъ случаѣ и скорость свѣта въ воздухѣ, движущемся вмѣстѣ съ нашей землей въ ея годовомъ движеніи около солнца, тоже должна быть такая же, какъ и въ томъ случаѣ, если бы земля была неподвижна, а стало быть должна быть одинаковой какъ у луча свѣта, идущаго по направленію движенія земли, такъ и у луча, идущаго противъ этого движенія, или перпендикулярно къ нему. Тогда представлялось возможнымъ путемъ опыта съ исключительно земными средствами обнаружить движеніе земли около солнца. Зачѣмъ это нужно, можетъ возникнуть вопросъ; развѣ есть сомнѣніе въ томъ, что наша земля движется около солнца? Нѣтъ, сомнѣнія въ этомъ нѣтъ, но мы не можемъ обнаружить этого движенія никакими обычными механическими способами, пользуясь при этомъ исключительно самою землею и тѣмъ, что на ней.

Дѣло въ томъ, что въ обычной нашей механикѣ Галилея-Ньютона имѣетъ силу такъ называемый принципъ относительности движенія. Представимъ себѣ, что мы находимся въ идеальномъ желѣзнодорожномъ поѣздѣ, движущемся безъ малѣйшаго шума, толчка и т. п. и движущемся совершенно строго прямолинейно и равномѣрно. Пусть окна вагона завѣшены и мы абсолютно не имѣемъ сообщенія съ міромъ внѣ поѣзда: вышеназванный принципъ утверждаетъ, что при такихъ условіяхъ мы абсолютно не въ состояніи узнать, что поѣздъ движется, и никакимъ механическимъ явленіемъ не можемъ воспользоваться для опредѣленія скорости этого движенія. Всѣ механическіе процессы въ насъ и кругомъ насъ въ вагонѣ будутъ протекать абсолютно такъ же, какъ если бы вагонъ былъ въ покоѣ; новыя явленія наступили бы лишь, когда мѣняется или скорость, или направленіе движенія, тогда мы испытали бы дѣйствіе особыхъ силъ: такъ, напримѣръ, при увеличеніи скорости насъ бы отбросило назадъ, при искривленіи пути отбросило бы въ сторону и т. д.

Земля наша описываетъ около солнца орбиту такого большого радіуса (150 милліоновъ километровъ) и движется по ней сравнительно съ размѣрами орбиты такъ медленно (30 километровъ въ секунду), что такое движеніе во время всѣхъ нашихъ опытовъ мы можемъ считать прямолинейнымъ и равномѣрнымъ. А въ такомъ случаѣ на основаніи принципа относительности движенія никакое механическое явленіе чисто земного характера не обнаруживаетъ намъ этого движенія: мы должны обращаться къ помощи внѣшняго относительно земли міра, къ помощи звѣзднаго неба. Движеніе же земли около оси не есть прямолинейное и равномѣрное движеніе, и его мы обнаруживаемъ легко механическими способами, напримѣръ, при помощи такъ называемаго маятника Фуко и др. Теперь намъ понятно, почему физика интересовалась между прочимъ и вопросомъ, нельзя ли обнаружить движеніе земли около солнца оптическимъ путемъ, и казалось, что этотъ вопросъ могъ быть рѣшенъ сравнительно простымъ опытомъ.

Имѣемъ источникъ свѣта и зеркало на нѣкоторомъ разстояніи a другъ отъ друга; ставимъ ихъ такъ, чтобы

лучъ свѣта шелъ какъ разъ по направленію движенія земли на ея орбитѣ и падалъ на зеркало перпендикулярно. Свѣтъ покинулъ источникъ, но по мѣрѣ того, какъ онъ подходитъ къ зеркалу, послѣднее вмѣстѣ съ землей отъ волны свѣта уходитъ; поэтому лучъ свѣта пройдетъ отъ источника до зеркала путь a', бóльшій, чѣмъ a. Именно, если скорость свѣта есть c, а скорость движенія зеркала съ землей v, то время, въ теченіе котораго лучъ проходитъ путь a' со скоростью c, т. е. a'/c, есть какъ разъ время прохожденія зеркаломъ со скоростью v разстоянія $a'-a$, т. е. время $(a'-a)/v$. Такимъ образомъ будетъ $(a'-a)/v=a'/c$ и отсюда $a'=a/(1-\beta)$, гдѣ $\beta=v/c$.

Попавъ на зеркало, лучъ отражается и идетъ по прежнему пути, но въ обратную сторону, противъ движенія земли. Теперь источникъ свѣта движется на встрѣчу лучу и послѣдній до источника отъ зеркала проходитъ снова не путь a, а путь a'', теперь меньшій: именно будетъ $a''=a/(1+\beta)$. Такимъ образомъ вмѣсто того, чтобы пройти всего путь $2a$ (отъ источника свѣта до зеркала и обратно), лучъ свѣта пройдетъ, благодаря движенію земли, путь $a'+a''$ равный $2a/(1-\beta^2)$.

Теперь представимъ себѣ, что источникъ свѣта и зеркало лежатъ на прежнемъ же разстояніи a одинъ отъ другого, но на линіи, перпендикулярной движенію земли. Вслѣдствіе того, что зеркало теперь движется съ землей, перпендикулярно къ линіи a, на зеркало не попадаетъ лучъ, вышедшій изъ источника, какъ разъ по линіи a; попадетъ лучъ, который идетъ наклонно къ линіи a и, стало быть, проходитъ до зеркала путь не a, а большій a_1. На это лучу нужно время a_1/c, какъ разъ то, за какое зеркало пройдетъ путь $a_1 v/c$. Этотъ послѣдній путь вмѣстѣ съ линіями a и a_1 образуетъ прямоугольный треугольникъ, и мы получаемъ такимъ образомъ возможность вычислить a_1. Оказывается, $a_1=a/\sqrt{1-\beta^2}$. Точно также и послѣ отраженія луча отъ зеркала путь будетъ наклонный къ направленію a, но теперь въ противоположную прежней сторону, хотя величина пути будетъ прежняя, т. е. будетъ опять $a_2=a/\sqrt{1-\beta^2}$. Такимъ образомъ въ разсматриваемомъ теперь случаѣ весь путь луча будетъ не $2a$, а a_1+a_2, т. е. $2a/\sqrt{1-\beta^2}$.

Какъ видимъ, пути лучей—разные, смотря по тому, идутъ ли они по направленію движенія земли, или же нормально къ нему, и, если бы мы могли сравнить эти два пути между собою, мы нашли бы β, т. е. и скорость движенія земли v. Величина β очень мала, всего 1/10000, такъ что β^2 составляетъ всего одну стомилліонную: тѣмъ не менѣе оптика давала уже давно способы, позволяющіе измѣрять подобныя измѣненія въ длинѣ пути луча достаточно точно, ибо замѣтить это измѣненіе можно даже тогда, когда оно всего равно одной тысячемилліонной!

Опытъ такого сравненія путей (измѣрить каждый путь отдѣльно нельзя) былъ произведенъ впервые американцемъ Майкельсономъ въ 1881 году и повторенъ вмѣстѣ съ Морли въ 1887 г. Опытъ, однако, въ обоихъ случаяхъ окончился неудачей. Пути $2a/(1-\beta^2)$ и $2a/\sqrt{1-\beta^2}$, которые должны были оказаться разными, оказались совершенно одинаковыми: вліянія движенія земли обнаружить такимъ образомъ не удалось. Не увѣнчались успѣхомъ и попытки другихъ ученыхъ открыть движеніе земли при помощи какихъ либо иныхъ, оптическихъ или электромагнитныхъ явленій, протекающихъ исключительно на землѣ.

Иными словами это значитъ, что и эти явленія, какъ и явленія чисто механическаго характера, протекаютъ въ тѣлахъ, движущихся прямолинейно и равномѣрно, и для наблюдателя, въ этомъ движеніи участвующаго, совершенно такъ же, какъ если бы движенія вовсе не было. Принципъ относительности приходится такимъ образомъ распространить и вообще на электромагнитныя явленія.

Это и сдѣлалъ Лорентцъ въ Лейденѣ въ 1904 г. Но какъ же тогда быть съ опытомъ Майкельсона и Морли? Вѣдь сравниваемые пути лучей $2a/(1-\beta^2)$ и $2a/\sqrt{1-\beta^2}$ несомнѣнно разные: какимъ же образомъ мы этой разницы не обнаруживаемъ на опытѣ? А это можетъ быть объяснено тѣмъ, что при движеніи со скоростью v вмѣстѣ съ землей само разстояніе между источникомъ свѣта и зеркаломъ, т. е. и длина камня, къ которому они прикрѣплены, укорачивается по направленію движенія, но не измѣняется, когда эта длина лежитъ перпендикулярно къ движенію.

Дѣйствительно, если предположить, что въ первомъ опытѣ истинное разстояніе источника свѣта отъ зеркала было не $2a$, а вслѣдствіе укорачиванія $2a\sqrt{1-\beta^2}$, то путь луча въ этомъ случаѣ былъ $2a\sqrt{1-\beta^2}/(1-\beta^2)$, т. е. $2a/\sqrt{1-\beta^2}$ и какъ разъ такой, какой мы вычислили для второго опыта. Эта идея была высказана впервые Фитцгеральдомъ въ Англіи вскорѣ послѣ опытовъ Майкельсона и Морли, къ ней же пришелъ позже (1895) и независимо и Лорентцъ.

Тѣло, движущееся со скоростью v, актомъ движенія (а, стало быть, не сопротивленіемъ среды, въ которой идетъ движеніе) мѣняетъ свои размѣры, укорачиваясь по направленію движенія и не мѣняя размѣровъ, нормальныхъ къ движенію: тѣло сплющивается. И открыть эти измѣненія мы могли бы лишь, сами не участвуя въ движеніи; въ противномъ случаѣ такому же измѣненію длины подвергнутся и всѣ наши масштабы и т. п.

Не правда ли, идея о возможности измѣненія размѣровъ тѣлъ однимъ актомъ движенія въ безвоздушномъ пространствѣ, представляется намъ чрезвычайно странной! Но вдумаемся немного въ суть дѣла, и оно намъ представится совсѣмъ въ иномъ свѣтѣ.

Въ самомъ дѣлѣ, всѣ силы внутри матеріальныхъ тѣлъ, а, стало быть, и такъ называемыя упругія силы, по всѣмъ даннымъ,—силы электромагнитнаго происхожденія. Форма и размѣры тѣла, находящагося въ покоѣ, опредѣляются тѣмъ условіемъ, что всѣ силы, дѣйствующія на каждую молекулу тѣла, взаимно уравновѣшиваются. Мы сообщаемъ тѣлу нѣкоторую скорость; электромагнитныя силы, какъ мы уже знаемъ, въ случаѣ движенія иныя, чѣмъ въ случаѣ покоя тѣла. Слѣдовательно, равновѣсіе каждой изъ молекулъ тѣла будетъ нарушено; молекулы расположатся иначе, иными словами, тѣло получитъ иную форму и иные размѣры, и эти измѣненія будутъ тѣмъ большія, чѣмъ больше скорость движенія. При изученіи явленій упругости обыкновенно считаютъ молекулы тѣла неподвижными; мы видѣли, что эти молекулы состоятъ изъ электрическихъ зарядовъ. Будемъ ихъ тоже считать неподвижными: очевидно, ихъ расположеніе, а значитъ, и форма, и размѣры тѣла опредѣляются тѣмъ, что всякій изъ зарядовъ не испытываетъ никакихъ электри-

ческихъ силъ. Пусть начальная форма тѣла есть, напримѣръ, шаръ радіуса a; приводимъ его въ движеніе со скоростью v. Теперь мы можемъ вычислить, что произойдетъ съ нашими электрическими зарядами; оказывается, они размѣстятся иначе: они теперь не будутъ заполнять собой шаръ радіуса a, а заполнятъ эллипсоидъ вращенія, сплющенный по направленію движенія, такъ что двѣ его оси будутъ равны каждая a, а короткая ось по направленію движенія будетъ имѣть размѣръ $a\sqrt{1-\beta^2}$, гдѣ $\beta=v/c$ и c скорость свѣта. Такимъ образомъ измѣненіе размѣровъ тѣлъ при движеніи оказывается вовсе не страннымъ явленіемъ, это— слѣдствіе измѣненій, вносимыхъ движеніемъ въ упругія силы, дѣйствующія внутри тѣла.

И не однѣ упругія силы мѣняются актомъ движенія. Вообще въ движущихся тѣлахъ наступаютъ измѣненія самаго разнообразнаго характера, но всѣ эти измѣненія таковы, что ни одно электромагнитное или оптическое явленіе намъ ихъ не обнаружитъ, если только мы сами съ нашими приборами участвуемъ въ движеніи.

Однако, принципъ относительности въ формѣ, данной ему Лорентцомъ, носитъ нѣсколько частный и односторонній характеръ. Эйнштейнъ въ Бернѣ въ 1905 году сдѣлалъ шагъ далѣе, распространивъ принципъ относительности на всѣ вообще явленія природы и давъ понятію относительности самый общій смыслъ. Всѣ явленія природы въ тѣлахъ, движущихся равномѣрно и прямолинейно, для наблюдателя, участвующаго въ этомъ движеніи, протекаютъ абсолютно такъ же, какъ и въ отсутствіи движенія. Никакое явленіе, совершающееся въ этихъ тѣлахъ, не даетъ наблюдателю возможности узнать о его движеніи: болѣе того, для неподвижнаго наблюдателя всѣ явленія въ движущихся прямолинейно и равномѣрно тѣлахъ кажутся извращенными; но они кажутся столь же извращенными и въ неподвижныхъ для движущагося наблюдателя тѣлахъ, если въ обоихъ случаяхъ относительное движеніе одинаково. И ни одинъ изъ этихъ двухъ наблюдателей не въ состояніи рѣшить вопроса, онъ ли находится въ движеніи, или другой.

Не измѣняется при движеніи тѣлъ въ теоріи Эйнштейна по условію скорость свѣта; почти всѣ остальныя фи-

зическія количества (напримѣръ, время, скорость звука, тяжесть и т. п.) подвержены измѣненію, и всѣ эти измѣненія зависятъ отъ величины v/c, какъ это имѣетъ мѣсто и въ теоріи Лорентца. При скорости, равной скорости свѣта, матеріальныя тѣла кажутся намъ сплющенными въ пластинку, часы перестаютъ идти, наступаютъ вообще удивительныя явленія. Такимъ образомъ и здѣсь скорость свѣта является критическою скоростью, больше нея не можетъ быть скорости; она играетъ роль какъ бы безконечно большой величины. Поэтому и обычный законъ сложенія скоростей, т. н. параллелограммъ скоростей, не имѣетъ силы въ механикѣ, основанной на принципѣ относительности. Даже въ простѣйшемъ случаѣ, когда складываются двѣ скорости одного направленія u и v, окончательная скорость оказывается равной не $u+v$, а $(u+v)/(1+uv/c^2)$, гдѣ c скорость свѣта. Поэтому никакія двѣ скорости, каждая меньше c, не дадутъ при сложеніи скорости большей, чѣмъ c; а прибавка къ c любой скорости, меньшей ея, не измѣняетъ величины c.

Принципъ относительности въ формѣ, данной ему Эйнштейномъ, есть постулатъ, справедливость котораго можетъ быть доказана только опытами. Измѣненіе массы электроновъ въ зависимости отъ скорости движенія, вотъ то явленіе, которое будетъ первымъ пробнымъ камнемъ для этого постулата. И сейчасъ въ цѣломъ рядѣ физическихъ лабораторій разныхъ странъ люди заняты измѣреніемъ этого измѣненія массы: таково ли оно, какъ это предсказываетъ теорія.

Но независимо отъ вопроса, вѣренъ ли принципъ относительности, или нѣтъ, возникаетъ другой не менѣе важный вопросъ. Въ чемъ же лежитъ причина, обусловливающая всѣ тѣ явленія, которыя вытекаютъ изъ принципа относительностей? Отвѣтъ на это данъ недавно умершимъ въ Гёттингенѣ (1908) геніальнымъ математикомъ Минковскимъ, отвѣтъ, поражающій своей смѣлостью: принципъ относительности и всѣ вытекающія изъ него слѣдствія—это проявленіе свойствъ нашего пространства и, если принципъ относительности вѣренъ, то мы должны измѣнить наши воззрѣнія на пространство и время.

Мы привыкли различать пространство съ его тремя измѣреніями и до извѣстной степени независимое отъ него время. До извѣстной степени, потому что, какъ справедливо указываетъ Минковскій, „никто не замѣчалъ нѣкотораго мѣста иначе, какъ въ нѣкоторое время, времени—иначе, какъ въ опредѣленномъ мѣстѣ“. Стало быть, и въ обычныхъ нашихъ представленіяхъ въ сущности время какъ то связано съ пространствомъ, но эта связь носитъ неопредѣленный характеръ: оттого въ обычной механикѣ и нѣтъ предѣла для скорости движенія, точнѣе говоря, этимъ предѣломъ будетъ безконечно большая скорость. Но принципъ относительности дѣлаетъ понятіе о времени столь же относительнымъ, какъ и понятіе о направленіяхъ въ пространствѣ: „верхъ“ и „низъ“ имѣютъ разный смыслъ у насъ и у нашихъ антиподовъ, и было время, когда люди не могли помириться съ тѣмъ, что наши антиподы ходятъ „внизъ головами“; точно также относительны и понятія „раньше“ и „позже“ для двухъ наблюдателей двухъ независимыхъ явленій, совершающихся въ разныхъ мѣстахъ. Соотвѣтственно этому у Минковскаго время является неразрывно связаннымъ съ пространствомъ и связаннымъ при помощи свѣта: оттого эта скорость и является критической, а комбинація пространства и времени есть такъ называемый „абсолютный міръ“.

Въ нашемъ обычномъ пространствѣ существуетъ безчисленное множество плоскостей; въ абсолютномъ мірѣ Минковскаго мы имѣемъ безчисленное множество трехмѣрныхъ пространствъ, и каждому изъ нихъ соотвѣтствуетъ свое время. Всѣ такія комбинаціи пространства и времени совершенно равноправны между собою; въ каждой изъ нихъ явленія природы представляются намъ совершенно одинаковыми, и математическое развитіе этой идеи ведетъ непосредственно ко всѣмъ тѣмъ слѣдствіямъ, которыя вытекаютъ изъ принципа относительности, а время оказывается своеобразнымъ четвертымъ измѣреніемъ абсолютнаго міра.

Идеи Эйнштейна и Минковскаго удивляютъ насъ не одной своей смѣлостью: онѣ чрезвычайно, такъ сказать, изящны съ математической стороны. Благодаря этому,

онѣ дѣйствуютъ столь подкупающимъ образомъ, что невольно хочется, чтобы всѣ эти выводы были вѣрны. И по всей вѣроятности, они окажутся вѣрными, именно вѣрными съ математической стороны. Я подчеркиваю слово „математической“, потому что далеко не всегда то, что математически вѣрно, является физической реальностью. Я поясню примѣромъ: въ ученіи о теченіи жидкостей или о движеніи внутри упругаго тѣла—вообще, мы разсматриваемъ тѣла, какъ сплошныя; скорости точекъ, какъ непрерывно мѣняющіяся; вводимъ такъ называемыя давленія и т. п. и получаемъ вполнѣ согласные съ опытомъ результаты.

Съ математической точки зрѣнія это ученіе чрезвычайно совершенно и, какъ согласное съ опытомъ, вѣрно. Но эта сплошность вещества, эта непрерывность измѣненія скорости, эти давленія—все это физически не реально: это все—кажущееся, потому что наши органы чувствъ ограничены. Намъ кажутся жидкость, или твердое тѣло, сплошными, на дѣлѣ эти тѣла состоятъ изъ движущихся молекулъ; намъ кажутся скорости доступныхъ намъ достаточно малыхъ объемовъ, разсматриваемыхъ какъ точки,—непрерывными, на самомъ дѣлѣ это вѣрно лишь въ среднемъ счетѣ; намъ кажется давленіе распредѣленнымъ равномѣрно на извѣстную малую площадку,—на самомъ дѣлѣ площадка испытываетъ отдѣльные толчки отъ отдѣльныхъ молекулъ и т. д., и т. д. Мы должны сказать: для насъ, съ извѣстной точки зрѣнія, законы теченія жидкости и т. д. таковы, какъ если бы жидкость была сплошной и т. д. И намъ думается, что нѣчто въ этомъ родѣ имѣетъ мѣсто и по отношенію къ абсолютному міру Минковскаго. Физическія явленія дѣйствительно протекаютъ для насъ такъ, какъ если бы существовалъ четырехмѣрный міръ Минковскаго. Однако, это намъ только такъ кажется, благодаря ограниченности нашихъ органовъ чувствъ, на дѣлѣ же тотъ или иной характеръ накладывается на физическія явленія свойствами эѳира.

Въ частности, напримѣръ, своеобразная роль скорости свѣта въ явленіяхъ природы можетъ быть объяснена такъ. Въ явленіяхъ звука мы разсматриваемъ тѣла, какъ сплошныя, и находимъ, что скорость распространенія звуковыхъ

волнъ обусловлена плотностью среды и ея упругостью. На самомъ дѣлѣ процессъ распространенія волны звука есть несомнѣнно процессъ молекулярный: сжатіе и разрѣженіе передается отъ слоя тѣла къ слою путемъ молекулярныхъ такъ называемыхъ столкновеній, т. е. путемъ движенія молекулъ. Отсюда совершенно ясно, что скорость звука не можетъ быть больше, чѣмъ средняя скорость движенія молекулъ. Точно также, напримѣръ, и движеніе воздушнаго шара, обусловленное движеніемъ воздуха, не можетъ получить скорости большей, чѣмъ скорость воздуха.

Допустимъ теперь, что и въ эѳирѣ есть внутреннія движенія его частей, совершающіяся съ нѣкоторой опредѣленной скоростью. Всѣ силы, вызывающія движеніе обычныхъ намъ тѣлъ—силы электрическаго происхожденія; движеніе обычныхъ тѣлъ,—это движеніе электрическихъ зарядовъ, а движеніе послѣднихъ обусловлено именно внутренними движеніями въ эѳирѣ. Слѣдовательно, скорость движущихся электрическихъ зарядовъ, а, стало быть, и скорость обычныхъ намъ тѣлъ, не можетъ стать больше скорости внутреннихъ движеній эѳира. Послѣдняя является такимъ образомъ дѣйствительно критической скоростью и съ этою же (или меньшею) скоростью только и могутъ распространяться въ средѣ и волны. Но волны идутъ въ эѳирѣ со скоростью свѣта, слѣдовательно, съ этою же, или близкою къ ней, скоростью совершаются и внутреннія движенія въ эѳирѣ.

Эти соображенія, высказанныя совсѣмъ недавно (1910) Ленаромъ въ Гейдельбергѣ, являются прекраснымъ дополненіемъ теоріи Лорентца и намѣчаютъ путь къ возможному въ будущемъ механическому объясненію и самого принципа относительности въ той общей формѣ, какую ему далъ Эйнштейнъ.

V.

Существуетъ ли эѳиръ?

Мм. Гг.! 5 ноября 1890 года я имѣлъ высокую честь говорить на актѣ нашего Университета о нашихъ свѣдѣніяхъ объ эѳирѣ. Въ ту эпоху, казалось, былъ прочно намѣченъ

тотъ путь, по которому мы должны были прійти къ замѣнѣ всей физики механикою эѳира. Съ тѣхъ поръ прошло двадцать лѣтъ. Имѣемъ ли мы эту механику эѳира? Увы, мы ея не имѣемъ.

Высокая твердыня, въ которой за семью печатями хранится тайна эѳира, оказалась для насъ недоступной по тому пути, по которому шла наука въ XIX столѣтіи, и хотя нынѣ мы имѣемъ цѣлый рядъ механическихъ теорій, объясняющихъ электромагнитныя явленія при помощи эѳира, его свойствъ, его движеній,—ни одна изъ этихъ теорій не можетъ считаться въ достаточной мѣрѣ удачной, ни одна не можетъ претендовать на имя настоящей теоріи.

Наукѣ пришлось оставить путь Фарадея и Максвелла, Гельмгольтца и Кельвина и попытаться идти по иному, окольному пути. Мы не можемъ дать механическаго объясненія электромагнитныхъ явленій; мы беремъ за исходный пунктъ эти послѣднія; при помощи ихъ мы стремимся объяснить механическія явленія и взамѣнъ недоступной пока для насъ механики электромагнитизма мы имѣемъ электромагнитныя основанія механики.

Мы не дѣлаемъ этимъ явленія природы намъ болѣе понятными; количество электричества намъ не болѣе понятно, чѣмъ нѣкоторая масса, но такимъ образомъ оказывается возможнымъ идти впередъ. Мы не знаемъ, что такое электрическій зарядъ, какое это движеніе совершается кругомъ него въ эѳирѣ, но мы знаемъ теперь, что масса—явленіе электрическое и что масса эквивалентна энергіи. Это—уже побѣда.

И успѣхи физики на новомъ пути, какъ мы видѣли, не малы: исчезъ дуализмъ между матеріей и электричествомъ, остался только дуализмъ между электричествомъ и эѳиромъ. Но нуженъ ли эѳиръ? Не была ли 20 лѣтъ тому назадъ рѣчь о томъ, будто мы что то знаемъ объ эѳирѣ, однимъ изъ заблужденій, нерѣдко держащихся въ наукѣ десятилѣтія, а затѣмъ исчезающихъ? Не падетъ ли ученіе объ эѳирѣ, какъ пало много теорій разнаго рода? И этотъ вопросъ не праздный, ибо тенденція освободиться вовсе отъ эѳира существуетъ въ современной физикѣ.

Въ теоріи Эйнштейна нигдѣ нѣтъ рѣчи объ эѳирѣ, какъ нѣтъ о немъ рѣчи и въ ученіи объ абсолютномъ мірѣ у Минковскаго. Значитъ ли это, что эѳира не нужно, что его нѣтъ? Отнюдь нѣтъ: вѣдь изъ того, что въ гидродинамикѣ или акустикѣ нѣтъ рѣчи объ атомахъ и молекулахъ, еще не слѣдуетъ, что ихъ нѣтъ. И мы теперь болѣе, чѣмъ когда либо, убѣждены въ реальности молекулъ.

Однако, Эйнштейнъ и другіе склонны вовсе отрицать существованіе эѳира, и свѣтъ поэтому для этихъ ученыхъ не волны въ эѳирѣ, какъ это установилъ еще Хр. Гюйгенсъ, а летящія въ абсолютно пустомъ пространствѣ матеріальныя частицы, какъ это представлялъ себѣ Ньютонъ, и какъ это держалось въ наукѣ почти до середины XIX вѣка.

Но тутъ мы встрѣчаемся снова съ тѣми же трудностями, которыя въ свое время погубили теорію истеченія.

Какъ объяснить двойную періодичность въ явленіяхъ свѣта—періодичность во времени и періодичность въ пространствѣ; какъ объяснить вытекающія отсюда явленія интерференціи свѣта, когда, напримѣръ, свѣтъ наложенный на свѣтъ даетъ тьму, и т. д., и т. д.? Но и независимо отъ этихъ трудностей, какъ объяснить безъ помощи эѳира простое взаимное притяженіе двухъ наэлектризованныхъ тѣлъ въ безвоздушномъ пространствѣ? Отрицаніе эѳира ведетъ насъ неизбѣжно къ тому, что для объясненія явленій электричества и магнитизма мы вынуждены допустить наличность того самаго дѣйствія на разстояніи, изъ котораго исходили первые изслѣдователи электрическихъ явленій начала прошлаго вѣка. Между тѣмъ всѣ успѣхи современной физики въ области изученія этихъ явленій основаны именно на отрицаніи дѣйствія на разстояніе. И какъ возможно такое дѣйствіе между двумя наэлектризованными тѣлами, когда изъ опытовъ Герца, такъ блестяще подтвердившихъ идеи Фарадея и Максвелла, прямо слѣдуетъ, что взаимодѣйствіе между двумя, напримѣръ, наэлектризованными тѣлами устанавливается не мгновенно, а требуетъ на это времени?!

Возникаетъ естественно вопросъ, какимъ образомъ родилась идея о несуществованіи эѳира. Какъ это ни странно

на первый взглядъ, но эта идея имѣетъ до нѣкоторой степени какъ бы опытныя основанія. Представимъ себѣ полое внутри, твердое тѣло; его полость сообщается съ наружнымъ пространствомъ лишь при помощи малаго отверстія и вычернена внутри. Если такое тѣло поддерживается при постоянной всюду температурѣ, то изъ отверстія по любому направленію выходятъ лучи, соотвѣтствующіе такъ называемому черному лучеиспусканію, а наше тѣло представляетъ собою такъ называемое абсолютно черное тѣло. Законъ распредѣленія энергіи этого лучеиспусканія на лучи разной длины волны, при различныхъ температурахъ— такъ называемый законъ чернаго лучеиспусканія—изученъ на опытѣ съ очень большой точностью въ широкихъ предѣлахъ; этотъ законъ выведенъ ранѣе и теоретически Планкомъ въ Берлинѣ въ 1901 г. Но теорія ведетъ къ согласію съ опытомъ лишь при допущеніи, что потеря энергіи при лучеиспусканіи (и полученіе ея при поглощеніи) идетъ не произвольными количествами, какъ это, казалось, дожно было бы быть, а лишь въ видѣ количествъ, кратныхъ нѣкоторой опредѣленной величины. Энергія теряется въ этомъ случаѣ и пріобрѣтается такъ, какъ если бы существовалъ „атомъ энергіи“ или „атомъ свѣта“. Это свойство лучеиспусканія, очевидно, обусловлено особыми свойствами лучеиспускающихъ тѣлъ, и можно даже догадываться, въ чемъ здѣсь дѣло. Именно, такъ какъ лучеиспусканіе есть электромагнитный процессъ, то существованіе „атома энергіи“, повидимому, стоитъ въ связи съ существованіемъ электроновъ, этихъ „атомовъ электричества“. И если существованіе такихъ „атомовъ энергіи“ окажется реальнымъ, оно, конечно, внесетъ нѣкоторыя измѣненія въ теорію свѣта, какъ теорію волнъ, но эти измѣненія будутъ вполнѣ аналогичны тѣмъ, какія получаетъ всякая теорія какого либо явленія въ сплошномъ тѣлѣ, когда мы перестаемъ разсматривать тѣло, какъ сплошное, и разлагаемъ его на отдѣльныя молекулы. Тогда, напримѣръ, пучекъ солнечныхъ лучей окажется состоящимъ не изъ безчисленнаго множества лучей, а изъ конечнаго, хотя и чрезвычайно большого, числа отдѣльныхъ лучей, и освѣщеніе этими лучами нѣкоторой поверхности окажется не сплошнымъ, какъ

мы это сейчасъ принимаемъ, а прерывнымъ: поверхность будетъ покрыта рядомъ свѣтящихся точекъ. Однако, суть дѣла отъ этого не измѣнится: этихъ перерывовъ мы не въ состояніи замѣтить, и атомы энергіи несутся по эѳиру, это состояніе эѳира,а не отдѣльныя массы, летящія въ абсолютной пустотѣ, какъ это было въ теоріи Ньютона.

Итакъ, или эѳиръ, или дѣйствіе на разстояніи со всѣми вытекающими отсюда трудностями. Но чѣмъ же представляется, наконецъ, эѳиръ въ связи съ современными воззрѣніями на матерію и электричество? Это—нѣкоторая среда, нѣкоторый носитель энергіи и именно той, которую мы называемъ электромагнитной. Электроны—это особенныя мѣста въ эѳирѣ, своего рода какъ бы „узлы" въ ткани. Комбинаціи этихъ узловъ и образуютъ то, что мы называемъ атомомъ обычной матеріи, движеніе этихъ узловъ—это движеніе состояній эѳира, а не движеніе самого эѳира, остающагося неподвижнымъ.

Что это за состоянія эѳира, мы не знаемъ, какъ не знали этого и двадцать лѣтъ тому назадъ. Но неудачи попытокъ созданія механики эѳира вызвали скептическое отношеніе къ этому вопросу: существуетъ мнѣніе, что эта механика и не нужна, и не возможна. Рано или поздно мы такъ привыкнемъ къ понятіямъ „электричество" и другимъ, съ нимъ связаннымъ, что они будутъ намъ столь-же ясны, какъ и обычныя наши механическія понятія, а большаго и не нужно. Невозможна же механика эѳира потому, что никакія движенія, сжатія, крученія и т. п. въ сплошной средѣ не даютъ безъ противорѣчій съ опытомъ механическаго объясненія электромагнитныхъ явленій, даже въ безвоздушномъ пространствѣ.

Что касается вопроса о томъ, нужна ли механика эѳира, то объ этомъ спорить безполезно. По этому поводу достаточно сказать лишь одно: прогрессъ науки обусловливается прежде всего свободой изслѣдованія: не можетъ и не должно быть поэтому въ наукѣ заставъ и запрещенныхъ путей.

Что же касается невозможности механики эѳира, то это утвержденіе основано на недоразумѣніи. Если бы дѣйствительно можно было доказать вполнѣ строго, что электромагнит-

ныя явленія въ такъ называемой пустотѣ не могутъ быть объяснены при помощи нѣкоторой сплошной среды, это значило бы въ крайнемъ случаѣ одно: эѳиръ не можетъ быть сплошной средой; онъ, стало быть, долженъ состоять изъ отдѣльныхъ зеренъ, имѣть своеобразную атомную структуру, и мысль о такомъ строеніи эѳира изъ отдѣльныхъ крайне мелкихъ зеренъ неоднократно высказывалъ великій Кельвинъ. Однако, такое доказательство въ настоящее время невозможно; въ самомъ дѣлѣ, что значатъ слова „объяснить электромагнитныя явленія въ пустотѣ“? Какія это явленія? Тѣ, какія мы знаемъ сейчасъ; тѣ, которыя записаны геніальными формулами Максвелла и Гертца? Однако, и во время Максвелла были аналогичныя формулы, которыми великолѣпно были записаны всѣ явленія, въ то время извѣстныя, и тѣмъ не менѣе Максвеллъ имѣлъ смѣлость предположить, что должны быть и иныя явленія, еще неизвѣстныя. Объ этихъ явленіяхъ онъ узналъ при помощи механическихъ соображеній, механическихъ аналогій, и эти явленія были открыты, хотя и много лѣтъ спустя послѣ смерти Максвелла.

Кто же можетъ утверждать, что и сейчасъ въ формулахъ Максвелла и Гертца послѣднее слово науки навсегда: здѣсь—точка, дальше—ничего нѣтъ. Да прежде всего въ этихъ уравненіяхъ нѣтъ мѣста для „атомовъ энергіи“ Планка, которые не сегодня, завтра могутъ оказаться реальностью; въ этихъ уравненіяхъ написано, что электрическія состоянія кругомъ, напримѣръ, наэлектризованнаго шара распредѣлены такъ, что по всякому изъ безчисленныхъ радіусовъ шара, состояніе одно и то же. Это согласно съ опытомъ; но Фарадей смотрѣлъ на дѣло иначе; для него состоянія были одинаковы, но не по всѣмъ радіусамъ. И для насъ эта сплошность можетъ быть кажущейся, обусловленной тѣмъ, что заряды, съ которыми мы экспериментируемъ, сравнительно велики, состоятъ изъ громаднаго числа электроновъ. А если у насъ всего одинъ электронъ, будетъ ли распредѣленіе сплошнымъ, или же нѣтъ?

Наука не даетъ намъ на это отвѣта сегодня, но есть всѣ основанія думать, что распредѣленіе состояній эѳира кругомъ электрона будетъ иное, одинаковое не по всѣмъ

возможнымъ направленіямъ, исходящимъ изъ электрона, а лишь по немногимъ, быть можетъ даже особое состояніе эѳиръ имѣетъ почти лишь по одному направленію.

Какъ же при такихъ условіяхъ возможенъ какой либо рѣшительный приговоръ о томъ, что для науки возможно, и что нѣтъ?

Да и какимъ образомъ дѣлались попытки созданія механики эѳира? Мы старались втиснуть свойства эѳира въ рамки механики Ньютона и Галилея: эта механика лишь первое приближеніе къ истинѣ; мы старались копировать свойства эѳира со свойствъ обычной матеріи: но послѣдняя не существуетъ безъ электрическихъ зарядовъ, а въ чистомъ эѳирѣ ихъ нѣтъ. Что же удивительнаго, если, идя невѣрнымъ путемъ, мы не пришли къ желаемой цѣли! И сейчасъ мы не можемъ сказать, скоро ли мы станемъ на вѣрный путь; но безъ помощи механики эѳира невозможно механическое пониманіе окружающаго насъ физическаго міра, т. е. того, что было существенной потребностью человѣческаго духа съ того времени, какъ человѣкъ началъ думать и ставить себѣ вопросы „какъ“ и „почему“. И съ этой точки зрѣнія намъ не покажется страннымъ, что нѣкоторые выдающіеся изслѣдователи нашего времени, изслѣдователи именно въ полной тайнъ области электромагнитизма, какъ напримѣръ Ленаръ, убѣждены, что наука не откажется отъ механической картины физическаго міра даже и въ томъ случаѣ, если бы для созданія этой картины пришлось, кромѣ эѳира, „ввести еще и второй эѳиръ“.

Это быть можетъ через-чуръ смѣлое утвержденіе. Но въ нашу эпоху физика не боится смѣлыхъ утвержденій, и два эѳира Ленара не смѣлѣе электрическаго происхожденія вещества абсолютнаго міра Минковскаго, принципа относительности съ его сплющиваніемъ тѣлъ при движеніи и т. п., вплоть до летящихъ въ абсолютной пустотѣ частицъ свѣта Эйнштейна.

И мы не должны бояться этой свободы и смѣлости мысли въ современной физикѣ. Въ наукѣ нѣтъ симпатій и антипатій; она стремится къ одной лишь истинѣ, ей дорога только истина, въ чемъ бы она ни состояла; то, что ложно, само исчезнетъ изъ науки; но въ чемъ есть хоть крупица

истины, то войдетъ какъ мелкій камушекъ въ нашу складываемую по крупинкамъ мозаичную картину физическаго міра, которая во многихъ и во многихъ мѣстахъ окутана пока для насъ завѣсою тайны.

Но мы не сомнѣваемся, что тѣ трудности, передъ которыми сейчасъ стоитъ наша наука, не будутъ трудностями вѣчно; рано или поздно онѣ должны быть и будутъ побѣждены. Мы должны въ это вѣрить, на это надѣяться, ибо безъ надежды нельзя плавать среди океана неизвѣстнаго и безъ надежды нѣтъ истиннаго прогресса знанія.

Казань.

Опытъ веденія практическихъ занятій по физикѣ, обязательныхъ для всѣхъ учащихся.

Б. А. Герна.

1. Среди преподавателей физики все больше распространяется убѣжденіе, что преподаваніе этой науки нужно сопровождать не только классными демонстраціями, но и лабораторными работами. По анкетѣ, произведенной Б. П. Вейнбергомъ въ 1907 году, практическія занятія были введены въ 8-ми мужскихъ гимназіяхъ и реальныхъ училищахъ. По анкетѣ Б. Ю. Кольбе въ 1909 г. они уже введены въ 20-ти. Съѣздъ преподавателей физики въ Москвѣ въ 1899 году при обсужденіи доклада, читаннаго по этому вопросу авторомъ настоящей статьи, единогласно высказался за желательность введенія практическихъ занятій, факультативныхъ для учащихся.

Многолюдное собраніе преподавателей физики во время XI съѣзда естествоиспытателей и врачей въ С.-Петербургѣ единодушно высказалось въ томъ-же смыслѣ. Но когда на этомъ собраніи былъ поставленъ вопросъ объ обязательности практическихъ занятій для учениковъ, то за нее поданъ былъ только одинъ голосъ, голосъ автора этой статьи.

Противъ обязательности практическихъ занятій возражаютъ, что, ставши обязательными для всѣхъ, они будутъ итти хуже, чѣмъ факультативныя. Это, конечно, вѣрно. Но вѣдь этотъ аргументъ можно привести противъ обязательтельности всякаго учебнаго предмета. Несомнѣнно, что занятія и русскимъ языкомъ, и математикой, и исторіей шли-бы гораздо лучше, если-бы въ нихъ принимали участіе только желающіе. И тѣмъ не менѣе, разъ мы признаемъ эти учебные предметы необходимыми элементами общаго образованія, мы миримся съ неизбѣжнымъ зломъ и дѣлаемъ ихъ обязательными. Вопросъ, значитъ, въ томъ: признаемъ-ли мы

практическія занятія по физикѣ необходимымъ элементомъ общаго образованія, или нѣтъ? „Практическія-же занятія,— писали мы въ упомянутомъ выше докладѣ [1]),—какъ мы старались показать, представляютъ такую образовательную и воспитательную силу, что отсутствіе ихъ оставляетъ важные пробѣлы въ нашихъ умахъ и характерахъ, которые мы недостаточно оцѣниваемъ только потому, что привыкли смотрѣть на нихъ, какъ на необходимыя слабости человѣческой природы. Поэтому лабораторныя работы въ общеобразовательныхъ учебныхъ заведеніяхъ должны быть такъ же обязательны, какъ всякіе другіе учебные предметы, и съ факультативнымъ введеніемъ ихъ можно помириться только какъ съ временной мѣрой, пока учебныя заведенія не обзаведутся нужными помѣщеніями, и пока опытъ не выяснитъ болѣе опредѣленно всего, что нужно для обязательнаго ихъ введенія“.

Возражаютъ также, что преподаватель не можетъ плодотворно руководить болѣе, чѣмъ 6—7 группами, а слѣдовательно, чтобы сдѣлать практическія занятія обязательными, необходимо или вдвое уменьшить число учениковъ въ классахъ, или-же дать преподавателю помощника. Если-бы это было вѣрно, то, конечно, пришлось-бы надолго оставить вопросъ объ обязательныхъ практическихъ занятіяхъ. Но вотъ опровергнуть это возраженіе мы и имѣемъ въ виду описаніемъ нашего опыта въ Смоленской гимназіи. Однако, прежде скажемъ нѣсколько словъ о томъ періодѣ, когда лабораторныя работы велись нами факультативно.

Начало имъ было положено въ январѣ 1900 года по желанію самихъ учениковъ, которые изъ газетъ узнали о нашемъ докладѣ на Московскомъ съѣздѣ. Чтобы устранить даже тѣнь давленія, мы и въ слѣдующіе годы никогда не предлагали ученикамъ принять участіе въ практическихъ занятіяхъ, а всегда ждали отъ нихъ вопроса: будутъ-ли у насъ нынче практическія занятія?

Этотъ вопросъ неизмѣнно возбуждался, и занятія возобновлялись. Число записавшихся вначалѣ бывало велико, но скоро оно значительно сокращалось. Упреки дома за опаздываніе

---

[1]) Физикоматематическій Ежегодникъ. № 1, стр. 501.

къ обѣду, такъ какъ занятія происходили послѣ 5-го урока, и опаздываніе на частные уроки заставляли многихъ отказываться отъ своего желанія. Отказывались и тѣ, со стороны которыхъ здѣсь было просто captatio benevolentiae. Убѣдившись, что участіе въ практическихъ занятіяхъ нисколько не мѣняетъ нашего отношенія къ ихъ теоретическимъ отвѣтамъ, они переставали являться. Мы допускали къ занятіямъ учениковъ 7-го и 8-го классовъ, причемъ они раздѣлялись на группы по 2—3—4 человѣка. Каждая группа должна была представить объ опытѣ отчетъ, такъ что каждому приходилось писать отчетъ черезъ 2—3—4 недѣли. И все-же отчеты представлялись не вполнѣ аккуратно.

Въ отчетѣ мы требуемъ рисунки и описанія прибора, описанія опыта, непосредственныхъ данныхъ опыта и вычисленія. Писаніе отчетовъ особенно затрудняло восьмиклассниковъ, которые болѣе заняты обязательными уроками, чѣмъ семиклассники. Мы ведемъ запись результатовъ только тѣхъ опытовъ, о которыхъ были поданы отчеты; поэтому можемъ подвести статистику только этимъ опытамъ. Въ нижеслѣдующей таблицѣ мы приводимъ число учениковъ, продѣлавшихъ опыты, о которыхъ поданы были отчеты, по годамъ и классамъ, причемъ дѣлимъ всѣхъ на двѣ категоріи: I—значащихся въ 3-хъ и болѣе отчетахъ и, слѣдовательно, продѣлавшихъ отъ 4—5 до 18 опытовъ, такъ какъ о послѣдней работѣ обыкновенно отчеты не подавались, а часто пропускались и другіе, и II—значащихся менѣе, чѣмъ въ 3-хъ отчетахъ.

	Кл.	1899/900	1900/1	1901/2	1902/3	1903/4	1904/5	1905/6	Среднее.
3—18 отч. I	8	1	3	1	5	—	3	4	2,4
	7	5	13	6	15	6	11	—	8,0
1—2 отч. II	8	—	4	8	3	—	2	2	2,7
	7	4	13	15	6	12	8	38	13,6

Пользу практическія занятія могли принести только ученикамъ I категоріи. Въ эти годы кончило гимназію 40—60 учениковъ, и такимъ образомъ пользу изъ практическихъ занятій извлекали въ среднемъ 5% учениковъ 8-го класса и 16% учениковъ 7-го. Окончили гимназію, продѣлавъ 10 и болѣе опытовъ въ

1900/1	1901/2	1902/3	1903/4	1904/5	1905/6	среднее
2	6	2	—	2	6	3 = 6%.

Не знаемъ, сколько въ нашемъ опытѣ было случайнаго, но, поскольку можно судить по этому одному опыту, едва-ли можно смотрѣть на факультативныя практическія занятія по физикѣ, какъ на средство для поднятія образовательнаго уровня оканчивающихъ среднюю школу.

2. Въ 1906/7 году на физику было назначено 10 недѣльныхъ уроковъ, причемъ точно не было указано, на что употребить лишніе 3 урока. Мы воспользовались этимъ, чтобы ввести практическія занятія въ число этихъ 10 уроковъ и сдѣлать ихъ обязательными для всѣхъ. Къ физическому кабинету была присоединена небольшая смежная комната, и въ ней поставлено нѣсколько столовъ. Въ физическомъ кабинетѣ дѣлали опыты 1 или 2 группы, которымъ нужно было затемненіе, а остальныя—въ небольшой лабораторіи. Тамъ было довольно тѣсно. Такъ какъ бóльшаго помѣщенія отвоевать не удалось, то въ этомъ году въ физическомъ кабинетѣ сдѣланы занавѣси, которыми можно отдѣлить часть его и затемнить только ее. Остальная остается свѣтлой, и въ нее можно перенести 2—3 стола изъ лабораторіи. Теперь тамъ будетъ свободнѣй, и дверь изъ лабораторіи въ кабинетъ будетъ открыта, что тоже представитъ удобство.

Вначалѣ, слѣдуя указаніямъ германскихъ педагоговъ (Zeitschrift für den physikalischen und chemischen Unterricht. 1899 г.), мы составляли группы изъ 3—4 и даже 5 человѣкъ, чтобы число группъ было не больше 7—8. Но потомъ перешли къ группамъ не болѣе 3-хъ, а съ прошлаго года къ группамъ по 2, и находимъ, что если въ практическихъ занятіяхъ участвуютъ всѣ, а слѣдовательно и всякіе, то необходимо, чтобы всѣмъ было дѣло.

4-му же никогда нѣтъ дѣла, 3-му большею частью нѣтъ дѣла, а 2-мъ оно почти всегда есть. При многихъ опытахъ второй даже необходимъ. Поэтому мы считаемъ нормальной группой 2 и думаемъ, что безъ крайней надобности отъ этого числа не слѣдуетъ отступать: лучше 14 группъ по 2, чѣмъ 7 группъ по 4. Нерадивый, которому нѣтъ дѣла, а именно такому всегда и не окажется дѣла, начинаетъ слоняться отъ одной группы къ другой; оттуда его начинаютъ гнать, и возникаетъ безпорядокъ. Говорятъ, что преподаватель не можетъ надлежащимъ образомъ руководить болѣе, чѣмъ 6—7 группами. Мы думаемъ, что это относительно, и что недостатки, проистекающіе отъ невозможности всюду поспѣть во время, не такъ велики, чтобы изъ за нихъ слѣдовало отказаться отъ обязательныхъ практическихъ занятій для всѣхъ. Мы дѣлаемъ такъ. Въ началѣ года учащіеся распредѣляются сами на группы, и на стѣнѣ вывѣшивается таблица въ родѣ слѣдующей (мы даемъ часть таблицы).

		2 окт.	9	16	23	30	6 нояб.
I гр. {A, B}	Измѣр. уд. в. тѣлъ прав. формы . .	I	—	VI	V	VI	—
II гр. {C, D}	Измѣр. уд. в. жидк. пикнометромъ .	II	I	—	VI	—	—
III гр. {E, F}	Измѣр. уд. в. жидк. сообщающ. сосуд.	III	II	I	—	—	—
IV гр. {G, H}	Калибриров. трубки	IV	III	II	I	—	—
V гр. {J, K}	Плотность воздуха.	V	IV	III	II	—	—
—	Коэффиц. расширенія воздуха . . .	VI	V	IV	III	—	—
	Удѣльная теплота .	—	VI	V	IV	—	—

Такимъ образомъ, учащіеся заранѣе знаютъ, какой опытъ имъ предстоитъ дѣлать въ слѣдующій разъ, и должны подготовиться къ нему. Передъ началомъ каждой серіи опытовъ мы употребляемъ 1—2 урока на дополнительныя объ-

ясненія относительно производства опытовъ. Ставимъ и такіе опыты, которые не были пройдены въ теоретическомъ курсѣ (измѣреніе сопротивленій мостикомъ Витстона, показателя преломленія призмой и др.) или измѣняемъ форму опыта. Ученики дѣлаютъ себѣ замѣчанія, причемъ особенно стараются записать то, что относится до опытовъ, которые имъ предстоитъ производить въ ближайшее время. Для лучшихъ учениковъ этого бываетъ почти всегда достаточно. Чего не услышатъ и не прочтутъ, сообразятъ сами. Но для большинства этого мало, они ищутъ себѣ помощи у хорошихъ учениковъ и отвлекаютъ ихъ отъ работы. Вслѣдствіе этого тѣмъ приходится приниматься за свою работу минутъ на 5—10 позже. Это, конечно, неудобство, но не Богъ знаетъ, какое большое. Но и за всѣмъ тѣмъ въ первый день каждой серіи опытовъ остается нѣсколько группъ, которыя ждутъ нашей помощи. Мы начинаемъ съ тѣхъ, кому предстоитъ болѣе продолжительная работа. Остальнымъ приходится ждать до четверти часа и даже болѣе. Вслѣдствіе этого въ первый день занятія затягиваются[1]). Въ слѣдующіе дни нуждающіеся въ помощи могутъ ее получить уже не только отъ насъ и отъ лучшихъ учениковъ, но и отъ тѣхъ, кто производилъ этотъ опытъ въ прошлый разъ. Затѣмъ группа, которая скоро окончила свой опытъ, остается посмотрѣть, какъ дѣлаютъ опытъ, который имъ предстоитъ въ слѣдующій разъ, или такой, который имъ по предварительнымъ соображеніямъ показался болѣе труднымъ, или такой, за которымъ уже установилась репутація болѣе труднаго. Иногда и въ перемѣну, или въ другое свободное время ученики заходятъ въ лабораторію, и одинъ объясняетъ другому, какъ дѣлать предстоящій ему опытъ. Словомъ, находится много путей, какими самодѣятельность учащихся восполняетъ тотъ

---

[1]) Практическія занятія устраиваются всегда на послѣднихъ урокахъ. До сихъ поръ въ 7 и 8 классахъ было по 29 недѣльныхъ уроковъ; мы лично имѣемъ неполное число уроковъ. Поэтому возможно было составлять расписаніе такъ, чтобы въ каждомъ отдѣленіи 7-го и 8-го классовъ былъ одинъ день, когда ни у учениковъ, ни у насъ не было 5-го урока, и 4-й урокъ былъ физика. Такимъ образомъ занятія затягивались на 5-й урокъ. Теперь, со введеніемъ строевой гимнастики, приходится дѣлать практическія занятія на 5-мъ и, въ случаѣ затяжки, продолжать на шестомъ урокѣ.

недостатокъ, что преподаватель не можетъ разомъ поспѣть къ большому числу группъ, и на 2-й—3-й день, уже минутъ черезъ 5, самое большее 10, всѣ группы начинаютъ работать. Разумѣется, и тогда, когда у учениковъ уже не возникаетъ никакихъ вопросовъ, преподаватель, смотря на ихъ работу, найдетъ еще указанія и замѣчанія, какія нужно имъ сдѣлать, и при 14-ти группахъ сдѣлаетъ ихъ меньше, чѣмъ при 6-ти, а потому работы выйдутъ нѣсколько хуже. Это, конечно, пробѣлъ. Но онъ, во первыхъ, въ значительной степени компенсируется тѣмъ, что въ учащихся болѣе развивается самодѣятельность, а во вторыхъ, онъ не такъ великъ, какъ многимъ кажется, если принять въ расчетъ, что цѣль гимназіи общеобразовательная, а не подготовительная для тонкихъ экспериментаторовъ. Что касается до развитія самодѣятельности, то мы не разъ наблюдали, какъ, повидимому, заурядные ученики изобрѣтали такіе способы справиться съ недостатками приборовъ, которые мы потомъ сами у нихъ перенимали.

Чтобы убѣдиться въ томъ, что опыты не стали производиться значительно хуже съ тѣхъ поръ, какъ стали обязательными, мы сравнимъ качество опытовъ за первый періодъ I, когда лабораторныя работы были необязательными, и за второй II, когда онѣ стали обязательными. Мы беремъ всѣ тѣ опыты, относительно которыхъ у насъ есть сколько-нибудь значительное число данныхъ за первый періодъ. За второй ихъ гораздо больше.

Замѣтная разница только въ результатахъ 6-го и 8-го опытовъ: первые стали значительно лучше, вторые—значительно хуже; но и то, и другое объясняется измѣнившимися условіями опыта. Въ первомъ случаѣ мы вначалѣ не обращали достаточно вниманія на то, чтобы вода бралась при температурѣ выше комнатной, и ледъ подкладывался до тѣхъ поръ, пока температура не станетъ приблизительно на столько-же ниже комнатной. Когда стали на этомъ настаивать, результаты сразу стали гораздо лучше. Во второмъ случаѣ прямой метръ, раздѣленный на сантиметры, который понадобился для другого опыта, былъ замѣненъ складной саженью, раздѣленной на дюймы. Сажень трудно совсѣмъ выпрямить на вѣсу, а потому x и f, а слѣдовательно и F

Названіе опытовъ.		Число данныхъ.	Средн.	Число результатовъ, заключающихъ ошибки до 1%	1—3%	3—5%	5—10%	10—15%	15—25%	25—50%	бол. 50%
Уд. вѣсъ керосина .	I	12	0,818	9=75%	1=8%	0	0	2=17%	0	0	0
	II	172	0,822	121=70%	29=17%	10=6%	8=5%	4=2%	0	0	0
Уд. теплота латуни .	I	9	0,105	0	2=22%	2=22%	2=22%	1=11%	0	2=22%	0
	II	78	0.101	12=15%	10=13%	8=10%	10=13%	10=13%	16=21%	8=10%	4=5%
Уд. вѣсъ латуни . .	I	15	8,27	2=13%	9=60%	4=27%	0	0	0	0	0
	II	28	8,33	4=14%	16=57%	7=25%	1=4%	0	0	0	0
Уд. вѣсъ стекла . .	I	9	2,53	6=67%	2=22%	0	0	0	1=11%	0	0
	II	38	2,44	25=66%	6=16%	3=8%	3=8%	1=3%	0	0	0
g прост. маятникомъ.	I	15	984,2	13=87%	0	1=7%	1=7%	0	0	0	0
	II	44	985,5	22=50%	14=32%	4=9%	2=4½%	2=4½%	0	0	0
Скрытая тепл. таянія льда	I	7	67,7	0	2=29%	2=29%	0	0	2=29%	1=14%	0
	II	16	76,9	4=25%	5=31%	1=6%	4=25%	1=6%	1=6%	0	0
Термич. коэфф. упругости воздуха . .	i	9	0,00388	3=33%	1=11%	1=11%	0	1=11%	0	3=33%	0
	II	38	0,00386	13=34%	3=8%	5=13%	7=18%	4=11%	4=11%	2=5%	0
F вогнут. зеркала		12	28,1	1=8½%	6=50%	4=33%	1=8½%	0	0	0	0
		65	31,4	2=3%	10=15%	5=8%	9=14%	32=49%	7=11%	0	0
Показан. прел. изъ воды въ воздухъ		12	0,750	8=67%	2=17%	1=8%	1=8%	0	0	0	0
		70	0,764	33=47%	12=17%	12=17%	13=19%	0	0	0	0

стали получаться больше истинныхъ. Изъ 32-хъ большихъ отклоненій 31 получилось +. Ухудшеніе результатовъ послѣдняго опыта тоже оправдывается нѣкоторой порчей въ приборѣ. Это приводитъ насъ къ убѣжденію, что обязательныя практическія занятія по физикѣ даже при современныхъ условіяхъ можно поставить почти такъ-же удовлетворительно, какъ и факультативныя, если только найти хотя-бы небольшую комнату рядомъ съ физическимъ кабинетомъ.

Есть другой вопросъ, который касается числа учениковъ, когда занимаются всѣ, а слѣдовательно и всякіе,—это вопросъ о соблюденіи порядка. За четыре года, въ теченіе которыхъ у насъ ведутся обязательныя для всѣхъ практическія занятія, былъ одинъ случай въ 190⁷/₈ году, когда мы сочли за лучшее совсѣмъ прекратить практическія занятія въ одномъ отдѣленіи 8-го класса. Какъ разъ другое отдѣленіе этого класса было таково, что мы спокойно могли оставаться сколько угодно времени въ одной комнатѣ и работавшихъ въ другой было совсѣмъ не слышно, хотя тогда еще были группы по 3—4 человѣка. Съ прошлаго года, когда мы образовали группы по 2 человѣка, и когда почти всѣмъ есть дѣло, сознательное нарушеніе порядка стало совершенно исключительнымъ явленіемъ. Но ученики часто забываютъ, что надо говорить шопотомъ, и въ небольшой комнатѣ, гдѣ работаетъ 10—11 группъ, возникаетъ гулъ. Поэтому необходимо возможно чаще появляться въ той и другой комнатѣ.

Отчеты мы теперь требуемъ такъ-же, какъ и раньше, т. е. каждому приходится писать отчетъ черезъ недѣлю. Отчетъ долженъ быть поданъ къ слѣдующему дню практическихъ занятій, т. е. черезъ недѣлю. Добиться аккуратной подачи отчетовъ намъ удалось не сразу и не безъ понудительныхъ мѣръ. Хотя балловъ за отчеты мы не ставимъ, но непредставленіе отчетовъ карали пониженіемъ отмѣтки за четверть и даже за годъ. За прошлый годъ еще въ 8 классѣ пришлось нѣсколькимъ понизить отмѣтки, но въ 7 классѣ уже всѣ отчеты были поданы, и даже въ теченіе года не было значительнаго затягиванія въ подачѣ.

Мы признаемъ отчеты даже съ очень неточными результатами, если въ нихъ нѣтъ указаній на очевидную небреж-

ность въ выполненіи опыта. При наличности таковой мы заставляемъ продѣлать опытъ въ свободное время. Если отчетъ требуетъ исправленія, или нами сдѣланы на немъ замѣчанія важныя для слѣдующихъ работъ, мы даемъ ученику просмотрѣть отчетъ и затѣмъ требуемъ его обратно, чтобы по окончаніи всей серіи опытовъ сдѣлать сводку полученныхъ результатовъ, которую сообщаемъ ученикамъ. На это уходилъ 1 часъ, когда серіи состояли изъ 7—9 опытовъ, а теперь, когда серіи состоятъ изъ 14 опытовъ, —2 часа. Сводки для каждаго опыта въ родѣ слѣдующей:

Удѣльный вѣсъ керосина при помощи пикнометра.

A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	L	M
0,819	822	815	823	822	801	822	822	820	821	821	822

Среднее.	Въ другомъ отдѣленіи.	Изъ 157 оп. до сихъ поръ.	Общ. средн. изъ 181 оп.
0,819	0,823	0,823	0,822.

Имѣя уже значительный запасъ результатовъ, мы можемъ наглядно демонстрировать законъ большихъ чиселъ: по мѣрѣ возрастанія числа данныхъ, среднее стремится къ нѣкоторому предѣлу. Такъ для плотности керосина мы имѣли послѣдовательно: 0,824(30); 0,823(82); 0,823(157); 0,822(181).

Къ лабораторнымъ работамъ почти всѣ ученики относятся съ большимъ интересомъ и каждый годъ, до начала ихъ ученики, пристаютъ къ намъ съ вопросомъ, скоро-ли начнутся практическія занятія. И не только ихъ интересуютъ самыя работы, но значительно повышается и интересъ къ физикѣ вообще. Мы съ полнымъ убѣжденіемъ утверждаемъ, что никогда раньше у насъ лично успѣхи по физикѣ не были такъ хороши, какъ теперь, когда всѣ ученики стали выполнять лабораторныя работы.

Смоленскъ.

Аэродинамическія лабораторіи.

П. Ренара.

Постоянная международная аэронавтическая комиссія поручила мнѣ составить замѣтку объ аэродинамическихъ лабораторіяхъ, существовавшихъ въ 1909 г. Казалось, что ознакомиться съ положеніемъ вопроса полезно именно теперь, когда повсюду озабочены устройствомъ подобныхъ учрежденій, и когда всѣ единодушно заявляютъ объ ихъ необходимости.

Сначала я думалъ подробно описать эти лабораторіи и тѣ опыты, которые въ нихъ производились, но для такой большой работы потребовалось бы слишкомъ много времени, и я ограничусь лишь краткими указаніями, отсылая каждый разъ читателя къ оригинальнымъ изданіямъ соотвѣтственныхъ лабораторій.

Чтобы собрать всѣ данныя, необходимыя для этой статьи, я обратился къ моимъ коллегамъ по Международной комиссіи, но отвѣты получилъ отъ немногихъ. Такимъ образомъ здѣсь представлены свѣдѣнія лишь относительно Соединенныхъ Штатовъ Америки, Франціи, Италіи и Россіи; каждому изъ этихъ государствъ я посвящу по отдѣльной главѣ.

1. Соединенные Штаты Америки.

По сообщеннымъ мнѣ свѣдѣніямъ, въ Соединенныхъ Штатахъ существуетъ аэродинамическая лабораторія въ Вашингтонѣ. Она была основана въ 1901 году г. Гуго Маттулатомъ, сотрудникомъ котораго былъ профессоръ Американскаго католическаго университета д-ръ А. Ф. Замъ, но въ 1903 году г. Маттулатъ внезапно умеръ, и во главѣ лабора-

торіи сталъ д-ръ Замъ. Его любезности мы и обязаны ниже слѣдующими свѣдѣніями.

Аэродинамическая лабораторія занимаетъ зданіе, длина котораго равняется 25 метрамъ, а ширина и высота ея— 9 м. Главное ея сооруженіе составляетъ туннель, имѣющій 12 м. длины на 1,80 м. ширины и высоты; по этому туннелю можетъ пробѣгать вентиляторъ, приводимый въ движеніе электромоторомъ, мощностью въ 9 килоуаттъ. Для того, чтобы придать воздушному теченію возможную равномѣрность, въ туннелѣ поставленъ воздушный выпрямитель, подробнаго описанія котораго я не имѣю. Скорость вѣтра измѣряется здѣсь при помощи анемометра съ давленіемъ. Въ этомъ туннелѣ устанавливаютъ всѣ предметы, сопротивленіе которыхъ хотятъ измѣрить; для этой цѣли приспособлены спеціальные вѣсы, съ помощью которыхъ опредѣляютъ величину вертикальной и горизонтальной составляющей. Для той-же цѣли иногда употребляютъ крутильные и бифилярные вѣсы.

Сначала все это было устроено для опытовъ, производившихся съ цѣлью построить гигантскій аэропланъ, придуманный Маттулатомъ, а послѣ его смерти д-ръ Замъ производилъ здѣсь различные опыты, касавшіеся слѣдующихъ вопросовъ: сопротивленія килей различныхъ формъ, сопротивленія корпусовъ воздушныхъ кораблей и, наконецъ, сопротивленія поддерживающихъ поверхностей аэроплана.

Здѣсь производились также спеціальныя изслѣдованія съ цѣлью опредѣлить положеніе центра давленія различныхъ поверхностей. Часть результатовъ этихъ изслѣдованій была опубликована въ The Monthly Weather Review, of the U. S. Weather Bureau въ сентябрѣ 1908 г. и въ The Proceedings of the International Conference.

2. Франція.

Во Франціи, по имѣющимся у меня свѣдѣніямъ, существуетъ четыре аэродинамическихъ лабораторіи, а именно: военное учрежденіе Шале-Медонъ, Національная консерваторія искусствъ и ремеслъ, Механическая лабораторія, находящаяся при физико-математическомъ факультетѣ Париж-

скаго университета, и, наконецъ, Лабораторія французскаго автомобильнаго клуба.

Учрежденіе Шале-Медонъ, существующее съ 1877 г., было основано полковникомъ Шарлемъ Ренаромъ; онъ устроилъ здѣсь опытную лабораторію, но, къ сожалѣнію, результаты изслѣдованій въ этой военной лабораторіи всегда носили конфиденціальный характеръ и очень рѣдко опубликовывались; тотъ же характеръ они сохранили и послѣ смерти Ш. Ренара.

Тѣмъ не менѣе всѣ знакомы съ простыми и сложными динамометрическими вѣсами Ш. Ренара, служащими для изученія сопротивленія нижнихъ частей корабля и воздушныхъ винтовъ, вращающихся на мѣстѣ, безъ поступательнаго движенія впередъ. Извѣстно также, что тѣ опыты, которые дали ему возможность опредѣлить критическую скорость дирижаблей и установить правила для ихъ оперенія, производились имъ въ туннелѣ небольшихъ размѣровъ (длина 4 м., діаметръ 0,8 м.).

Независимо отъ этихъ изслѣдованій, относительно которыхъ онъ въ послѣдніе годы своей жизни дѣлалъ доклады въ Академіи Наукъ, онъ производилъ еще многочисленные опыты, какъ въ лабораторіи, такъ и на открытомъ воздухѣ. Такимъ образомъ онъ изучалъ сопротивленіе и устойчивость нижней части воздушнаго корабля съ помощью балоннетовъ отъ 30 до 100 куб. м. и измѣрилъ ихъ подъемную силу и вертикальную скорость установившагося движенія.

Можно было бы напечатать цѣлые томы, посвященные описанію работъ полковника Шарля Ренара, и надо надѣяться, что въ самомъ недалекомъ будущемъ это будетъ сдѣлано.

Нѣсколько лѣтъ тому назадъ, въ Механической лабораторіи консерваторіи искусствъ и ремеслъ былъ установленъ рядъ аппаратовъ для аэродинамическихъ изслѣдованій, большая часть которыхъ предназначена для опытовъ надъ винтами, вращающимися на одномъ мѣстѣ. Такое устройство даетъ возможность работать съ винтами большихъ размѣровъ.

Большая часть производимыхъ здѣсь опытовъ носитъ промышленный характеръ, потому что въ консерваторіи испытываютъ винты, приносимые различными частными ли-

цами; здѣсь имъ даютъ указанія относительно ихъ тяги и мощности, поглощаемой при различныхъ скоростяхъ. Кромѣ того, можно еще упомянуть о тѣхъ интересныхъ научныхъ работахъ, которыя здѣсь были выполнены подъ руководствомъ завѣдующаго лабораторіей Бойе-Гилльона и его сотрудника Оклера.

Механическая лабораторія, состоящая при физико-математическомъ факультетѣ Парижскаго университета, была устроена по иниціативѣ профессора Кенигса. Несмотря на скромные размѣры этого учрежденія, здѣсь уже были произведены цѣнныя работы Оклеромъ, работавшимъ раньше въ Консерваторіи искусствъ и ремеслъ. Такъ, напримѣръ, онъ произвелъ рядъ интересныхъ изслѣдованій надъ кривыми лопастями различной толщины, результаты которыхъ скоро будутъ опубликованы.

Наконецъ, въ Лабораторіи французскаго автомобильнаго клуба, предназначавшейся раньше исключительно для опытовъ съ автомобилями, теперь, подъ сильнымъ вліяніемъ Лоро и подъ управленіемъ инженера Люме, завѣдующаго лабораторіей, установлены нѣкоторые аппараты для производства опытовъ надъ винтами, вращающимися на мѣстѣ. Въ этой лабораторіи такъ же, какъ и въ Консерваторіи, желающіе могутъ получать свѣдѣнія о дѣйствіи своихъ винтовъ и объ ихъ механической отдачѣ. Благодаря щедрому пожертвованію Дейчъ де-ла-Мертъ, Франція обогатится въ недалекомъ будущемъ еще одной образцовой аэродинамической лабораторіей, которая явится отдѣленіемъ Парижскаго университета.

3. Италія.

Итальянская аэродинамическая лабораторія несомнѣнно самая совершенная изъ всѣхъ, существующихъ въ настоящее время, находится недалеко отъ Рима и основана въ 1903 г. Здѣсь работаетъ особая „Бригада спеціалистовъ", пользуясь самыми разнообразными инструментами. Изъ нихъ мы отмѣтимъ слѣдующіе:

Во первыхъ, вентиляторъ, движущійся при помощи электрическаго мотора силою въ 22 килоуатта и производящій потокъ воздуха, который здѣсь предварительно пропу-

скаютъ черезъ особую камеру расширенія, вслѣдствіе чего получается искусственный вѣтеръ со скоростью отъ 2 до 29 м. въ сек. на 1 кв. м. поперечнаго сѣченія. Этотъ вентиляторъ служитъ для различныхъ опытовъ, причемъ иногда аппараты ставятъ непосредственно передъ выходнымъ отверстіемъ воздуха, иногда же его направляютъ въ круговой туннель. При изученіи сопротивленія нижней части воздушнаго корабля въ качествѣ подставокъ для моделей, выставляемыхъ противъ воздушнаго потока, образуемаго вентиляторомъ, употребляютъ то грузовые автомобили, то плавающія на водѣ щиты. Послѣдній способъ, допускающій, повидимому, большую точность изслѣдованія, является въ то же время одною изъ наиболѣе оригинальныхъ установокъ этой лабораторіи.

Опыты съ винтами здѣсь производились различными способами и въ частности такъ называемымъ аналитическимъ методомъ, который, кажется, въ другихъ мѣстахъ еще не былъ примѣняемъ. Этимъ способомъ старались опредѣлить оріентировку и скорость воздушныхъ потоковъ въ различныхъ точкахъ, а также хотѣли отдать себѣ отчетъ во вліяніи аппаратовъ, направляющихъ воздушныя струи; а равно воздушныхъ винтовъ, имѣющихъ одинаковыя оси, но вращающихся въ разныя стороны; наконецъ, тѣлъ конической и другихъ формъ, помѣщенныхъ по сосѣдству.

Кромѣ того, въ этой лабораторіи изучалось еще измѣненіе скорости вѣтра въ различныхъ частяхъ круга, параллельнаго кругу, описываемому вращающимся винтомъ.

Здѣсь можно было бы также произвести опыты какъ съ винтами, ось которыхъ неподвижна, такъ и съ винтами, ось которыхъ находится въ поступательномъ движеніи. Для опытовъ съ винтами, имѣющими неподвижную ось, здѣсь употребляютъ динамометрическіе вѣсы, аналогичные двойнымъ динамометрическимъ вѣсамъ полковника Ш. Ренара, но расположенные такимъ образомъ, чтобы винтъ былъ изолированъ, и чтобы измѣренія были свободны отъ возмущающаго вліянія остальныхъ сооруженій. Такое расположеніе, кромѣ того, даетъ возможность изучать винты, на ось вращенія которыхъ направленъ параллельный, косой или нормальный потокъ воздуха. Для испытанія большихъ винтовъ здѣсь слу-

житъ плавающій щитъ, который образуетъ родъ большихъ динамометрическихъ вѣсовъ, позволяющихъ измѣрить движущую пару по наклону плавающаго щита въ то время, какъ динамометръ измѣряетъ тягу.

Одной изъ самыхъ замѣчательныхъ работъ этой лабораторіи являются опыты съ винтами, находящимися въ поступательномъ движеніи. Для испытанія маленькихъ винтовъ ихъ подвѣшиваютъ къ динамометрическимъ вѣсамъ и затѣмъ выставляютъ противъ воздушнаго потока, параллельнаго ихъ оси. Для испытанія же большихъ винтовъ здѣсь примѣняется очень оригинальный способъ: винтъ вмѣстѣ съ моторомъ устанавливается на гидропланѣ, который позволяетъ получать значительныя скорости движенія, благодаря тягѣ винта. Здѣсь производились также опыты надъ измѣненіемъ скорости управляемыхъ воздушныхъ кораблей подъ вліяніемъ испытываемыхъ ими давленій.

Небольшіе размѣры моей замѣтки не позволяютъ мнѣ дольше останавливаться на перечисленіи всѣхъ остальныхъ работъ „Бригады спеціалистовъ"; могу только указать, что часть ихъ уже была опубликована въ различныхъ періодическихъ журналахъ, а именно: въ Rivista Marittima (апрѣль, май и іюнь 1908 г.); въ Bollettino della Societa Aeronautica Italiana (май, іюнь и октябрь 1905, январь, февраль, октябрь, ноябрь и декабря 1906, выпуски 7 и 12, 1907, вып. 1, 1908); въ Nuovo Cimento (мартъ 1905); и въ Rendiconti della R. Accademia dei Lincei (20 ноября 1904).

Познакомившись здѣсь съ цѣлымъ рядомъ самыхъ замѣчательныхъ работъ, мы можемъ возлагать большія надежды на будущность изслѣдованій, производимыхъ въ Итальянской инженерной лабораторіи подъ высокимъ вліяніемъ нашего коллеги подполковника Мориса и подъ умѣлымъ управленіемъ капитана Крокко, имя котораго пользуется самой широкой извѣстностью, и достоинства котораго, какъ техника, также оцѣнены всѣмъ міромъ.

Не могу обойти молчаніемъ еще одного обстоятельства, которое меня особенно удивило и глубоко тронуло, когда я читалъ отчеты о работахъ Итальянской лабораторіи: это постоянное упоминаніе о работахъ моего брата, полковника Ш. Ренара, котораго капитанъ Крокко, кажется, хочетъ

считать своимъ учителемъ. Такіе ученики всегда дѣлаютъ честь своему учителю, какъ бы высоко этотъ послѣдній ни стоялъ!

4. Россія.

На небольшомъ разстояніи отъ Москвы возвышается Кучинскій аэродинамическій институтъ; постройка его производилась при благосклонномъ участіи профессора Н. Е. Жуковскаго и была закончена въ 1904 г.; директоромъ его состоитъ Д. П. Рябушинскій, а помощникомъ послѣдняго Кузнецовъ. Программа работъ этого института слѣдующая:

I. Изученіе сопротивленія воздуха: a) опредѣленіе коэффиціента сопротивленія воздуха; b) опредѣленіе центра давленія; c) опредѣленіе тяги и полезнаго дѣйствія воздушныхъ винтовъ; d) изученіе крыльчатыхъ двигателей; e) изученіе устойчивости тѣлъ во время ихъ движенія въ воздушной средѣ.

II. Практическія примѣненія законовъ сопротивленія воздуха: a) постройка геликоптеровъ; b) постройка и изученіе змѣевъ различныхъ системъ; c) постройка и изученіе аэроплановъ; d) поднятіе значительныхъ тяжестей съ помощью змѣевъ; e) сигналы посредствомъ змѣевъ; f) фотографія посредствомъ змѣевъ.

III. Научное изслѣдованіе различныхъ слоевъ атмосферы.

Изъ этой программы видно, что многіе изъ перечисленныхъ здѣсь вопросовъ не имѣютъ прямого отношенія къ собственно аэродинамикѣ, а потому въ нижеслѣдующихъ строкахъ мы уже не будемъ говорить о нихъ.

Для изученія сопротивленія воздуха здѣсь устроенъ туннель, имѣющій 14,5 м. длины на 1,2 м. въ діаметрѣ; для той же цѣли служатъ динамометрическіе вѣсы, которые построены на томъ же принципѣ, что и вѣсы Ш. Ренара, но отличаются отъ нихъ, подобно итальянскимъ, тѣмъ, что въ нихъ можно отдѣлить отъ корпуса винты и тѣ тѣла, которыя желаютъ изучить. Оба эти прибора употребляются для большей части опытовъ.

Изъ числа наиболѣе интересныхъ изслѣдованій, произведенныхъ въ Кучино, мы отмѣтимъ опытъ съ винтами,

стоящими на мѣстѣ и находящимися въ движеніи, а также опыты съ винтами, приводимыми въ движеніе ударами воздушныхъ потоковъ, перпендикулярныхъ къ ихъ оси вращенія.

Надо также упомянуть объ очень любопытныхъ опытахъ съ самовращеніемъ плоскихъ секторовъ, ударяемыхъ теченіемъ воздуха, а также съ паденіемъ легкихъ тѣлъ, приведенныхъ во вращательное движеніе.

Не забывались здѣсь также опыты съ воздушными винтами, находящимися въ поступательномъ движеніи.

Для большаго числа опытовъ пользовались туннелемъ, о которомъ я уже говорилъ выше, желая выяснить вліяніе различнаго рода измѣненій скорости воздушнаго потока въ цилиндрѣ. Этого достигали различными способами, между прочимъ прибавленіемъ колокола, діаметръ котораго былъ больше діаметра туннеля, и въ который входилъ нижній конецъ этого послѣдняго. Такимъ образомъ удалось въ достаточной мѣрѣ урегулировать эту скорость и сдѣлать рядъ точныхъ опытовъ.

Упомянемъ также о вращающемся коврѣ, которымъ здѣсь пользуются при изученіи тренія воздуха о плоскую стѣнку.

Труды Кучинскаго аэродинамическаго института опубликованы въ бюллетенѣ, издаваемомъ на французскомъ языкѣ.

Все вышеизложенное ясно показываетъ высокую цѣнность работъ, производимыхъ здѣсь Рябушинскимъ и его сотрудниками.

Таково было положеніе аэродинамическихъ лабораторій въ 1909 г. Нѣтъ сомнѣнія въ томъ, что въ будущемъ число этихъ учрежденій будетъ увеличиваться, а значеніе ихъ все больше и больше расти. Но изъ сдѣланнаго нами бѣглаго очерка уже слѣдуетъ, что вопросъ этотъ не является новымъ, и что при устройствѣ будущихъ лабораторій можно будетъ воспользоваться многимъ изъ того, что уже сдѣлано въ современныхъ лабораторіяхъ; образцы найдутся какъ въ Россіи, такъ, главнымъ образомъ, въ Италіи.

Заканчивая свой очеркъ, я считаю нужнымъ замѣтить, что въ Америкѣ, въ Италіи и въ Россіи излюбленнымъ методомъ изслѣдованія является тотъ, который намъ такъ восхвалялъ нашъ коллега С. К. Джевецкій; по его словамъ этотъ способъ представляется пока единственнымъ, дающимъ возможность производить опыты не только съ винтами, закрѣпленными на мѣстѣ, но также и съ винтами, имѣющими поступательное движеніе впередъ. До сихъ поръ туннели были ограниченныхъ размѣровъ, но, несомнѣнно, что, имѣя большіе размѣры, они могли бы оказать громадныя услуги. Однако, противъ этого метода приводятъ одно вѣское возраженіе: это неравномѣрность воздушнаго теченія въ одномъ и томъ же сѣченіи, а также трудность узнать истинную скорость потока, дѣйствующаго на испытуемое тѣло; но, кажется, въ Италіи и въ Россіи сумѣли устранить это неудобство. Въ Америкѣ также были озабочены рѣшеніемъ этого вопроса и, кажется, удачно разрѣшили его, хотя я и не имѣю объ этомъ точныхъ свѣдѣній. Какъ бы то ни было, этотъ вопросъ нельзя считать неразрѣшимымъ, и изученіе туннелей въ существующихъ аэродинамическихъ лабораторіяхъ говоритъ въ пользу этого метода.

Я, конечно, не задаюсь вовсе мыслью проповѣдывать исключительно методъ туннелей, а хочу только сказать, что имъ не слѣдуетъ пренебрегать.

Вотъ одинъ изъ главныхъ выводовъ, которые можно сдѣлать изъ всего предшествующаго очерка.

Парижъ.

О школьныхъ вѣсахъ.

Б. Ю. Кольбе.

Во избѣжаніе безполезныхъ повтореній, я связываю нижеслѣдующее изложеніе съ интересной статьей С. П. Слѣсаревскаго (Физич. Обозр. 1910 г. № 4, стр. 236 — 256) и останавливаюсь только на тѣхъ мѣстахъ, которыя, какъ мнѣ кажется, требуютъ измѣненія или дополненія.

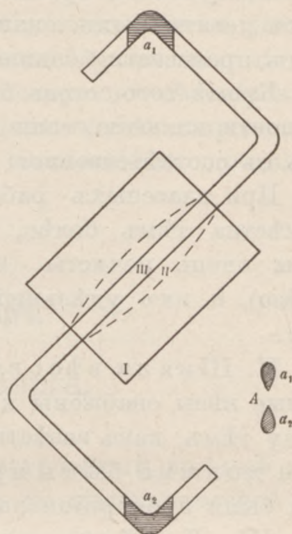
I. Выборъ вѣсовъ (стр. 233). Здѣсь, мнѣ кажется, желательно выполненіе еще двухъ условій:

а) Чашки вѣсовъ должны имѣть цѣлое число граммовъ: малыя, напримѣръ, 30,00 гр., а большія 70,00 или 80,00 гр. Это очень удобно для многихъ опытовъ, въ особенности въ томъ случаѣ, если тѣло надо повѣсить на плечѣ коромысла безъ чашки.

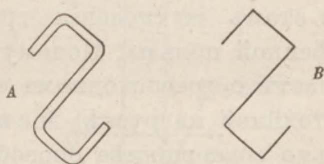
б) Плечи вѣсовъ должны быть устроены такъ, чтобы при взвѣшиваніи возможно было пользоваться рейтерами, т. е. разстояніе отъ точки опоры коромысла до точки привѣса чашекъ должно быть раздѣлено на 10 равныхъ частей, причемъ должно быть возможно насаживать рейтеры также на $^{9}/_{10}$ (близко къ концу), что во многихъ вѣсахъ, вслѣдствіе способа подвѣшиванія чашекъ, невозможно. Понятно, что на верхнемъ ребрѣ коромысла должны быть сдѣланы углубленія, дабы рейтеры имѣли опредѣленное положеніе. Когда мнѣ въ 1907—8 году, съ разрѣшенія управляющаго Главною палатою мѣръ и вѣсовъ, профессора Егорова, пришлось дѣлать провѣрку разновѣсокъ, взятыхъ изъ нѣкоторыхъ средне-учебныхъ заведеній, то я наблюдалъ слѣдующее:

1) Даже болѣе совершенные наборы разновѣсокъ недостаточно точны и не удовлетворяютъ требованіямъ, предъявляемымъ при точныхъ взвѣшиваніяхъ до 0,001 гр., а тѣмъ болѣе до 0,0001 гр.

2) Калибрированіе разновѣсокъ значительно увеличиваетъ ихъ стоимость, въ чемъ легко убѣдиться, когда приходится произвести эту операцію самому. Болѣе крупныя гири (500, 200, 100, 50 и 20 гр.) калибрируются довольно легко, но единицы (10, 5, 2, 1 гр.) уже представляютъ немалыя затрудненія; калибрированіе же десятыхъ, сотыхъ и въ особенности тысячныхъ долей грамма (тонкія алюминіевыя проволоки) требуетъ много времени.



Фиг. 1.



Фиг. 2.

3) Пятью рейтерами (100, 10, 1, 0,1, 0,01 гр.) можно составить всѣ вѣса отъ 0,001 до 111,11 гр., причемъ требуются только двѣ длительныя операціи калибрированія. Такіе рейтеры легко изготовить самому, но и покупная ихъ цѣна значительно ниже цѣны соотвѣтствующаго набора разновѣсокъ; кромѣ того, рейтеры виднѣе издали, что заставляетъ отдавать имъ предпочтеніе при классныхъ опытахъ. На фиг. 1-й и 2-й изображены употребляемые мною рейтеры, форма которыхъ на практикѣ оказалась удобной.

Примѣчаніе. Въ статьѣ С. П. Слѣсаревскаго я обратилъ вниманіе на одно обстоятельство. Авторъ приводитъ результаты взвѣшиванія съ тремя десятичными знаками даже въ тѣхъ случаяхъ, когда $p > 100$ гр., т. е. съ точностью до $^1/_{100000}$ взвѣшиваемаго груза. Сколько времени требуется для такого взвѣшиванія? Находится-ли достигнутая точность въ правильномъ соотношеніи къ затраченному времени? Въ Германіи при ученическихъ упражненіяхъ взвѣшиванія производятся съ точностью до $^1/_{1000}$

или $^1/_{10000}$ взвѣшиваемаго груза, и только въ одномъ случаѣ, въ одномъ реальномъ училищѣ (Oberrealschule), я видѣлъ опытъ, при которомъ наиболѣе умѣлые ученики производили взвѣшиванiе съ точностью до $^1/_{100000}$. По моему мнѣнiю лучше, если ученики производятъ взвѣшиванiе съ точностью до двухъ десятичныхъ знаковъ, но зато въ то-же время успѣваютъ произвести бо̀льшее число взвѣшиванiй.

Кромѣ того, столь большая точность представляетъ въ сущности иллюзiю, если наборъ разновѣсокъ не калиброванъ съ соотвѣтственною точностью.

При классныхъ работахъ слишкомъ большая точность неумѣстна тѣмъ болѣе, что находящiеся въ продажѣ металлы очень нечисты (въ особенности латунь, цинкъ и желѣзо), и ихъ удѣльный вѣсъ не соотвѣтствуетъ табличному.

II. Шкала вѣсовъ. На фигурѣ 6 (стр. 234) рекомендуемые вѣсы снабжены круговой дугой съ дѣленiями, между тѣмъ, какъ извѣстно, шкала съ дѣленiями на равныя части должна быть прямолинейной, дабы смѣщенiя нуля были пропорцiональны перегрузкамъ.

III. Двойное взвѣшиванiе. Методъ Гаусса, какъ для практическихъ цѣлей, такъ и для ученическихъ упражненiй, неудобенъ вслѣдствiе того, что необходимыя при этомъ вычисленiя требуютъ времени и не приносятъ особенной пользы. Почему С. П. Слѣсаревскiй не упоминаетъ о превосходномъ способѣ двойного взвѣшиванiя (при постоянной нагрузкѣ) Менделѣева? Этотъ способъ значительно совершеннѣе способа Борда.

IV. Установка вѣсовъ на неподвижномъ кронштейнѣ или на прочномъ столѣ (стр. 234), безъ сомнѣнiя, очень хороша, но какой столъ совершенно горизонталенъ? Здѣсь надо отдать предпочтенiе тѣмъ вѣсамъ, которые, будучи подвѣшены бифилярно (на двухъ валикахъ), сами принимаютъ правильное положенiе, какъ только аретиръ поднятъ. Шкала наглухо соединена съ вилкой.

Такими вѣсами я пользуюсь уже давно. Ихъ можно установить на наклонной плоскости, и все же ихъ показанiя остаются вѣрными. Это имѣетъ большую цѣнность и даетъ экономiю времени. По моимъ указанiямъ такiе вѣсы изго-

товляются фирмою Фердинандъ Эрнеке въ Берлинѣ-Темпельгофъ и къ нимъ прилагаются также 4—5 рейтеровъ.

Объясненіе рисунковъ. Фиг. 1. I. Рейтеръ въ 100 гр. (латунная проволока, діаметромъ въ 3 мм., соединена со свинцовымъ цилиндромъ).—II. Рейтеръ въ 10 гр. (латунная проволока, діаметромъ въ 3 мм., соединена съ узкимъ цилиндромъ).—III. 1 гр. (алюминіевая проволока, діаметромъ въ 2 мм., безъ цилиндра). *A*—поперечное сѣченіе изгибовъ a_1 и a_2. Фиг. 2. *A* 0,1 гр. (алюминіевая проволока, діаметромъ въ 1 мм.); *B* 0,01 гр. (алюминіевая проволока въ 0,2 мм.).

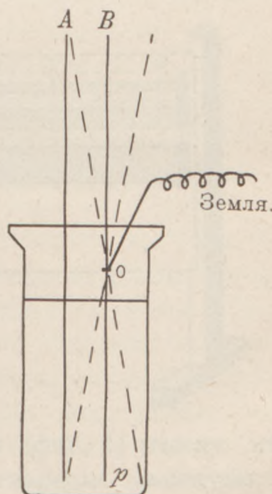
С.-Петербургъ.

Діэлектроскопъ.

Д. С. Штейнберга.

Діэлектроскопъ—это новый, построенный по моей мысли, приборъ для лекціоннаго опыта съ діэлектрической постоянной жидкихъ тѣлъ.

Онъ состоитъ изъ двухъ пластинокъ листовой стали (2×15×0,05 см.), помѣщенныхъ вертикально въ большой химическій стаканъ (фиг. 1).



Фиг. 1.

Одна пластинка *A* неподвижна, другая же „указатель“ *B* можетъ вращаться около тонкой горизонтальной оси *O*, проходящей на 0,3 см. ниже ея геометрическаго центра. Къ нижней части пластинки-указателя *B* припаянъ небольшой свинцовый грузъ *p*. Вѣсъ этого груза (около 1—2 гр.) опредѣляется съ такимъ расчетомъ, чтобы въ состояніи равновѣсія указатель имѣлъ вертикальное положеніе, будучи же выведенъ изъ него, медленно колебался вправо и влѣво.

Опытъ съ діэлектроскопомъ производятъ слѣдующимъ образомъ. Сначала неподвижной пластинкѣ *A* сообщаютъ зарядъ отъ электрофора или небольшой статической машины.

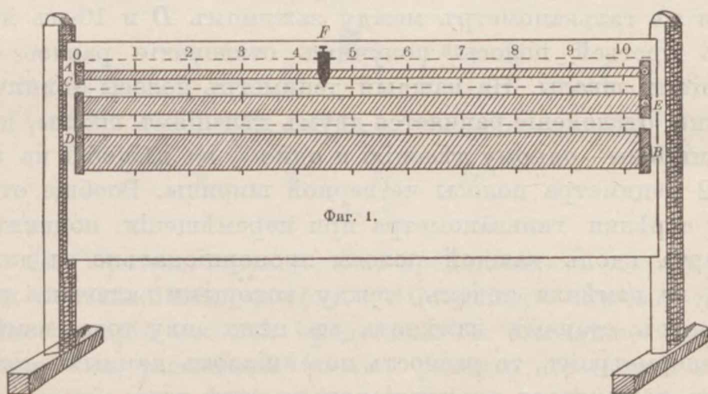
Достаточно напряженія въ 1000 вольтъ, чтобы указатель отклонился отъ положенія равновѣсія и, прикоснувшись къ неподвижной пластинкѣ верхнимъ своимъ концомъ, опять возвратился къ прежнему положенію. Затѣмъ повторяютъ тотъ-же опытъ заряженія, наполнивши предварительно стаканъ какимъ либо жидкимъ діэлектрикомъ, напримѣръ, пиронафтомъ. Тогда къ неподвижной пластинкѣ *A* притягивается неизмѣнно нижняя половина указателя, демонстрируя тѣмъ самымъ извѣстное свойство, согласно которому взаимодѣйствіе наэлектризованныхъ тѣлъ при одномъ и томъ же потенціалѣ тѣмъ больше, чѣмъ больше діэлектрическая постоянная промежуточной среды.

Саратовъ.

Приборъ для показанія паденія потенціала въ цѣпи.

А. Вольфенсона[1]).

I. Въ печати не разъ появлялось описаніе приборовъ и приспособленій, имѣющихъ цѣлью демонстрировать паденіе потенціала вдоль цѣпи въ зависимости отъ сопротивленія составляющихъ ее проводниковъ. Тѣмъ не менѣе, позволю себѣ описать еще одинъ приборъ, въ которомъ указанная зависимость представляется весьма наглядною, въ особенности, если вмѣсто вольтметра пользоваться вертикальнымъ гальванометромъ системы Депре-д'Арсонваля-Вестона.



Фиг. 1.

На вертикальной черной доскѣ (фиг. 1) между мѣдными зажимами ничтожнаго сопротивленія натянуты въ

---

[1]) Приборъ былъ демонстрированъ въ засѣданіи Варшавскаго кружка преподавателей физики 6 марта 1910 г. Онъ изготовляется механикомъ Варшавскаго Политехническаго Института Р. Вольтманомъ.

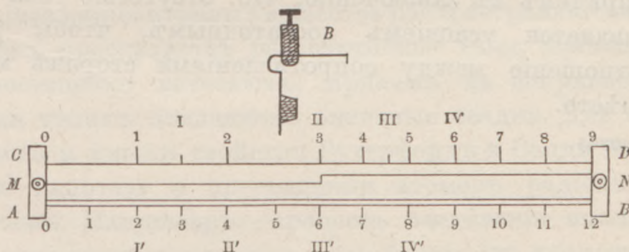
видѣ двойного удлиненнаго *П* три полосы изъ манганиновой жести: первая шириною въ 0,5 сантиметра, вторая двойной и третья четверной ширины. Первая полоса представляетъ сопротивленіе около 0,2 ома, вторая вдвое и третья вчетверо меньше. Каждая полоса раздѣлена (слѣва) на 10 равныхъ частей, длиною по одному дециметру. Для наглядности первый дециметръ второй полосы раздѣленъ еще продольными нарѣзами на двѣ и третьей на 4 полоски, одинаковой ширины съ первой полосой. Токъ пропускается черезъ зажимы *A* и *B*, гальванометръ вводится между зажимомъ *C* и подвижнымъ зажимомъ *F* съ контактомъ изъ красной мѣди, перемѣщаемымъ по 1-й полосѣ, или между зажимомъ *D* и тѣмъ же подвижнымъ зажимомъ, перемѣщаемымъ вдоль второй и третьей полосъ, или, наконецъ, между двумя подвижными зажимами съ контактами. Зажимы ходятъ въ пазахъ, вырѣзанныхъ въ доскѣ надъ каждой полосой. Если съ помощью реостата урегулировать силу тока такъ, чтобы отклоненіе стрѣлки гальванометра, введеннаго между *D* и десятымъ дѣленіемъ 2-й полосы равнялось десяти дѣленіямъ шкалы, то точно такое же отклоненіе получимъ, вводя гальванометръ между зажимомъ *A* и 5-мъ дѣленіемъ 1-й полосы. Вводя же гальванометръ между зажимомъ *D* и 10-мъ дѣленіемъ третьей полосы, получимъ отклоненіе равное 5-ти дѣленіямъ шкалы. На каждый дециметръ полосы единичной ширины отклоненіе равняется двумъ дѣленіямъ шкалы, двойной ширины—одному дѣленію и одному же дѣленію на каждые 2 дециметра полосы четверной ширины. Вообще отклоненіе стрѣлки гальванометра при перемѣщеніи подвижного контакта вдоль каждой полосы пропорціонально ея длинѣ. Если, не измѣняя точекъ, между которыми включенъ гальванометръ, станемъ измѣнять въ цѣпи силу тока, измѣряя ее амперметромъ, то разность потенціаловъ данныхъ точекъ будетъ измѣняться пропорціонально силѣ тока.

Сила тока въ главной цѣпи можетъ быть легко вычислена. Такъ какъ сила тока, проходящаго черезъ гальванометръ, введенный между зажимомъ *D* и 10-мъ дѣленіемъ второй полосы равняется 0,002 ампера (такова сила тока, отклоняющая стрѣлку гальванометра на 10 дѣленій), а сопротивленіе гальванометра равно 93 омамъ, то разность по-

тенціаловъ указанныхъ точекъ равна $0{,}002.93 = 0{,}186$ вольтамъ. Сила тока, проходящаго черезъ вторую полосу, равна $\frac{0{,}186}{0{,}06} = 3{,}1$ амперамъ. Сила тока въ главной цѣпи равна $3{,}1 + 0{,}002 = 3{,}102$ амперамъ.

Такимъ образомъ, измѣненія силы тока, а слѣдовательно, и распредѣленія потенціаловъ въ цѣпи, вносимыя присоединеніемъ гальванометра, практически равны нулю.

На описанномъ приборѣ можно также непосредственными измѣреніями показать, что сопротивленіе проводника данной длины обратно пропорціонально его сѣченію. Для измѣренія сопротивленія второй полосы въ началѣ ея сдѣланъ добавочный зажимъ *E*. Замѣна проволокъ металлическими полосами даетъ возможность произвести передъ классомъ дѣйствительныя измѣренія сѣченій проводниковъ, а не предлагать учащимся результатъ измѣреній на вѣру. Вмѣстѣ съ тѣмъ полосы представляютъ болѣе однородный и надежный контактъ, нежели проволока.



Фиг. 2.

II. Обратная сторона доски представляетъ наглядную модель мостика Витстона (фиг. 2). Соединеніе опытовъ не случайное: теорія мостика представляетъ ближайшее слѣдствіе закона Ома; разысканіе точекъ равнаго потенціала въ вѣтвяхъ простого развѣтвленія и повѣрка съ помощью гальванометра по нулевому методу являются одновременно и повѣркою закона Ома для части цѣпи. Между двумя мѣдными зажимами ничтожнаго сопротивленія натянуты 2 полосы изъ манганиновой жести: *AB*, раздѣленная на 12 частей равной длины и сопротивленія, и *CD*, на половину двойной ширины и потому раздѣленная на 9 частей равнаго сопротивленія.

Зажимы M и N соединяются съ гальваническимъ элементомъ, и пропускается токъ такой силы, какую выдерживаютъ полосы, не нагрѣваясь чрезмѣрно. Такъ какъ точки M и N принадлежатъ обѣимъ вѣтвямъ, то полное измѣненіе потенціала для каждой вѣтви одинаково, и такъ какъ измѣненіе потенціала на единицу сопротивленія въ каждой вѣтви постоянно, то измѣненіе потенціала будетъ одинаково и для $\frac{1}{6}, \frac{1}{3}, \frac{1}{2}, \frac{2}{3}$ сопротивленій каждой вѣтви; иначе говоря, точки I и I′, II и II′, III и III′, IV и IV′ будутъ равнопотенціальными, что и подтверждается отсутствіемъ тока въ гальванометрѣ, послѣдовательно вводимомъ между этими парами точекъ съ помощью подвижныхъ зажимовъ съ контактами. Отношенія же сопротивленій частей, получающихся отъ дѣленія каждой вѣтви равнопотенціальными точками, очевидно равны. Повѣряется рядъ пропорцій $4^1/_2 : 4^1/_2 = 6 : 6$; $6 : 3 = 8 : 4$; $3 : 6 = 4 : 8$; $1{,}5 : 7{,}5 = 2 : 10$.

Повторяя предыдущія разсужденія въ обратномъ порядкѣ, придемъ къ заключенію, что отсутствіе тока въ мостикѣ является условіемъ достаточнымъ, чтобы указанное соотношеніе между сопротивленіями сторонъ мостика имѣло мѣсто.

Варшава.

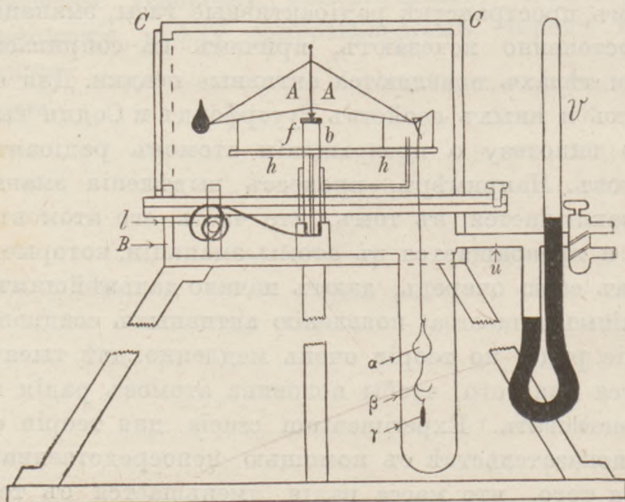
Микровѣсы Стиля и Гранта.

Ч. Т. Бялобржескаго.

Открытіе радіоактивныхъ веществъ познакомило насъ съ видами матеріи, къ которымъ оказались неприложимыми наши, казалось, уже прочно сложившіяся представленія о тѣлахъ природы. Эти вещества обнаруживаютъ своеобразную дѣятельность, „активность", размѣры которой непостижимо громадны въ сравненіи съ ничтожными ихъ количествами. Дѣятельность выражается прежде всего въ непрерывномъ излученіи энергіи въ формѣ α, β и γ лучей, обладающихъ замѣчательнымъ свойствомъ іонизовать діэлектрики. Далѣе нѣкоторыя радіоактивныя вещества распространяютъ въ окружающемъ пространствѣ радіоактивные газы, эманаціи, которые постепенно исчезаютъ, причемъ на соприкасавшихся съ ними тѣлахъ появляются активные осадки. Для объясненія этихъ и иныхъ свойствъ Рутерфордъ и Содди высказали смѣлую гипотезу о превращеніи атомовъ радіоактивныхъ элементовъ. Напримѣръ, процессъ выдѣленія эманаціи радіемъ заключается въ томъ, что часть его атомовъ разрушается и превращается въ атомы эманаціи, которые, разрушаясь въ свою очередь, даютъ начало дальнѣйшимъ преобразованіямъ вещества, появленію активныхъ осадковъ. Превращеніе радія по теоріи очень медленно: двѣ тысячи лѣтъ требуется для того, чтобы половина атомовъ радія перестала существовать. Experimentum crucis для теоріи состояло бы въ доказательствѣ съ помощью непосредственнаго взвѣшиванья того, что масса радія уменьшается съ теченіемъ времени. Но количества этого вещества, которыми мы располагаемъ, крайне малы. Одинъ миллиграммъ чистой радіевой соли стоитъ 150 рублей. Согласно Рутерфорду 1 миллиграммъ радія въ сутки долженъ терять въ вѣсѣ вслѣдствіе

выдѣленія эманаціи $1{,}73 \times 10^{-6}$ миллиграмма. Нечего и думать о томъ, чтобы констатировать эту массу на обыкновенныхъ вѣсахъ, для которыхъ едва достижима чувствительность до 0,01 миллиграмма. Существуютъ микровѣсы Нернста, но они не могутъ дать надежныхъ результатовъ при той чувствительности, которая здѣсь требуется. Однако, интересъ задачи черезчуръ великъ, а человѣческая изобрѣтательность и ловкость умѣютъ переступать границы, дальше коихъ, казалось, нельзя итти.

Англійскіе ученые Бертрамъ Стиль и Керръ Грантъ описали въ Proceedings of Royal Society за 1909 годъ микровѣсы, дающіе возможность мѣрить измѣненія вѣса съ точностью до 4.10^{-6} миллиграмма. По идеѣ эти вѣсы ничѣмъ не отличаются отъ обыкновенныхъ и представляютъ какъ бы ихъ чрезвычайно утонченную форму. Авторы подробно описываютъ свой снарядъ и не дѣлаютъ секрета изъ своихъ тонкихъ пріемовъ. Я ограничусь лишь краткими указаніями относительно конструкціи и метода взвѣшиванья.



Вѣсы помѣщаются въ латунномъ ящикѣ, длина коего равна 12 см., ширина 6 см. и высота 9,5 см. Онъ состоитъ изъ двухъ частей *C* и *B*, свинченныхъ вмѣстѣ, вслѣдствіе

чего ихъ можно разнимать. Въ верхней части сдѣлано отверстіе, въ которое вдѣлано стеклянное окошко. Ящикъ снабженъ тремя ножками и покоится на мраморномъ основаніи съ уравнительными винтами. Изъ ящика вѣсовъ воздухъ можетъ быть выкачиваемъ при посредствѣ канала *u* съ краномъ, а къ каналу припаянъ манометръ *v*, служащій для измѣренія давленія оставшагося воздуха. Коромысло вѣсовъ *A* имѣетъ видъ двойнаго наклоненнаго треугольника, образованнаго изъ четырехъ кварцевыхъ тонкихъ стерженьковъ, спаянныхъ между собою и съ центральнымъ стержнемъ, окончивающимся внизу призмою.

Своимъ ребромъ она покоится на полированной кварцевой пластинкѣ *f*: послѣдняя прикитована на концѣ латунной колонки *b*, ввинченной въ основаніе ящика вѣсовъ. Чтобы окончательно уравновѣсить коромысло и урегулировать положеніе центра тяжести, Стиль и Грантъ воспользовались сдѣланнымъ ими наблюденіемъ, что кварцъ слегка улетучивается въ пламени гремучаго газа или свѣтильнаго газа, горящаго въ чистомъ кислородѣ. Нагрѣвая короткое время въ этомъ пламени одинъ изъ концовъ коромысла или кончикъ центральнаго стержня, можно было достигать полнаго равновѣсія. Отсчеты положенія коромысла дѣлались при помощи маленькаго кварцеваго зеркальца, помѣщеннаго на концѣ поперечинки, припаянной къ центральному стержню (она перпендикулярна къ плоскости чертежа). Есть также приспособленіе для арретированья вѣсовъ, но я его не буду описывать: оно обозначено на рисункѣ буквами *b* и *h*. Въ ящикѣ вѣсовъ помѣщается хлористый кальцій для высушиванья воздуха и окись урана для его іонизаціи. Этимъ путемъ устраняются заряды, которые случайно могутъ появиться на кварцевыхъ частяхъ прибора во время манипуляцій.

Перейдемъ теперь къ оригинальному методу взвѣшиванья. Къ одному плечу коромысла вѣсовъ прикрѣпленъ, а въ болѣе грубыхъ вѣсахъ подвѣшенъ, кварцевый сосудикъ; онъ содержитъ воздухъ и запаянъ при опредѣленныхъ температурѣ и давленіи, которыя обозначимъ T_1 и P_1. На концѣ другого плеча этотъ сосудикъ уравновѣшенъ противовѣсомъ. Пусть *v* означаетъ объемъ сосудика; тогда истинный вѣсъ

воздуха внутри его будетъ: $v\sigma_0 \frac{T_0}{P_0} \frac{P_1}{T_1}$, если σ_0 представляетъ плотность воздуха при нормальныхъ давленіи и температурѣ P_0 и T_0 (послѣдняя есть, очевидно, абсолютная температура таянія льда). Дѣйствительно, по закону Бойля-Маріотта и Гей-Люссака масса газа, заключеннаго въ данномъ объемѣ, пропорціональна его упругости и обратно пропорціональна его абсолютной температурѣ. Если сосудикъ помѣщенъ въ атмосферѣ, давленіе которой P_2 и температура T_2, то вѣсъ, дѣйствующій на коромысло вѣсовъ по принципу Архимеда, будетъ: $v\sigma_0 \frac{T_0}{P_0}\left(\frac{P_1}{T_1} - \frac{P_2}{T_2}\right)$, такъ какъ этотъ дѣйствующій вѣсъ есть разница между истиннымъ вѣсомъ заключеннаго въ сосудикѣ газа и вѣсомъ вытѣсненнаго сосудикомъ воздуха. Пусть при этихъ условіяхъ коромысло находится въ положеніи равновѣсія, соотвѣтствующемъ нулю шкалы по зеркальному отсчету. Если теперь измѣряемый вѣсъ будетъ дѣйствовать совмѣстно съ сосудикомъ, то равновѣсіе нарушится. Чтобы его возстановить, придется измѣнить давленіе въ ящикѣ вѣсовъ: пусть оно будетъ P, а для общности задачи предположимъ, что и температура измѣнится и сдѣлается равной T. Дѣйствующій вѣсъ будетъ $v\sigma_0 \frac{T_0}{P_0}\left(\frac{P_1}{T_1} - \frac{P}{T}\right) + x$, гдѣ x есть измѣряемый вѣсъ. Приравнивая это выраженіе предыдущему, найдемъ, что $x = v\sigma_0 \frac{T_0}{P_0}\left(\frac{P}{T} - \frac{P_2}{T_2}\right)$.

Авторы описываютъ два типа вѣсовъ: A — дифференціальные, предназначенные для измѣренія измѣненій вѣса съ чувствительностью, указанною выше; другіе—B, предназначенные для абсолютныхъ измѣреній массъ меньшихъ дециграмма съ точностью до 10^{-4} миллиграмма. Типъ B снабженъ подвѣшенной на кварцевой нити системой, изображенной на рисункѣ и находящейся въ трубкѣ, вдѣланной въ нижнюю часть ящика вѣсовъ. Она состоитъ изъ кварцеваго сосудика α, кварцевой чашечки β для помѣщенія взвѣшиваемыхъ тѣлъ и противовѣса γ. Приведу теперь данныя, характеризующія оба типа вѣсовъ:

	A	B
Вѣсъ коромысла съ подвѣшенной системой .	0,177 гр.	0,93 гр.
Длина коромысла . .	5,1 см.	—
Объемъ сосудика . .	0,00865 см.^{3}	0,422 см.^{3}
Вѣсъ воздуха въ немъ	$1{,}02 \times 10^{-5}$ гр.	$5{,}04 \times 10^{-4}$ гр.
Періодъ колебанія . .	35 сек.	13,5 сек.

Для взвѣшиванія тѣлъ болѣе тяжелыхъ, чѣмъ воздухъ въ кварцевомъ сосудикѣ, приготовляютъ рядъ противовѣсовъ изъ кварца и измѣряютъ разницу ихъ вѣса описаннымъ способомъ. Затѣмъ сравниваютъ взвѣшиваемое вещество съ наиболѣе близкимъ къ нему по вѣсу противовѣсомъ.

Сосудикъ вѣсовъ *A* былъ запаянъ при 759 мм. давленія и 23° Цельсія. Измѣненіе давленія на 1 мм. ртути соотвѣтствуетъ измѣненію дѣйствующаго вѣса равному $1{,}3 \times 10^{-8}$ грамма. При этомъ свѣтовое изображеніе смѣщалось по шкалѣ на 3,36 дѣленія. Такимъ образомъ одному дѣленію соотвѣтствуетъ $3{,}82 \times 10^{-9}$ грамма.

Таблица, приводимая авторами, показываетъ замѣчательное согласіе вычисленныхъ и наблюденныхъ отклоненій коромысла.

Примѣненіе кварцевыхъ вѣсовъ къ изслѣдованью радіоактивныхъ веществъ, а также къ другимъ вопросамъ, навѣрное не заставитъ себя ждать. Въ предыдущемъ номерѣ „Физическаго Обозрѣнія“ напечатана статья Рамзая и Грея, которая содержитъ описаніе опредѣленія плотности радіевой эманаціи при помощи вѣсовъ подобнаго типа. Это опредѣленіе, повидимому, окончательно разрѣшило сомнѣнія, существовавшія относительно величины плотности, и притомъ въ пользу теоріи радіоактивныхъ превращеній. Рамзай и Грей ввели нѣкоторыя техническія улучшенія въ конструкцію микровѣсовъ и довели ихъ чувствительность до 2.10^{-6} миллиграмма.

Кіевъ.

Хроника.

2. *Къ созданію Ломоносовскаго института.* Въ Академіи Наукъ, въ виду приближенія 200-лѣтія со дня рожденія геніальнаго русскаго ученаго М. В. Ломоносова, была образована особая ломоносовская комиссія, которая должна выработать программу достойнаго чествованія памяти русскаго генія. Въ этой комиссіи проф. В. В. Куриловымъ былъ доложенъ проектъ „Ломоносовскаго института", представленный въ Академію Наукъ совѣтомъ Варшавскаго университета.

Согласно этому проекту „Ломоносовскій институтъ" долженъ представлять собою самостоятельное ученое учрежденіе, въ которомъ могли бы производиться самостоятельныя научныя изслѣдованія по физикѣ и химіи лицами, уже окончившими курсъ наукъ въ высшихъ учебныхъ заведеніяхъ и желающими посвятить себя ученой дѣятельности, но не могущими устроиться для своихъ научныхъ работъ въ нашихъ университетахъ вслѣдствіе недостаточнаго оборудованія ихъ физическихъ и химическихъ лабораторій.

Повидимому, этотъ проектъ совѣта Варшавскаго университета встрѣтилъ сочувствіе въ Ломоносовской комиссіи, которая въ настоящее время также занята выработкою проекта такого же института, и несомнѣнно, что созданіемъ этого института, имѣющаго громадное значеніе для процвѣтанія въ нашемъ отечествѣ такихъ важнѣйшихъ наукъ, какими являются физика и химія, мы воздвигли бы достойнѣйшій памятникъ нашему первому геніальному ученому. Насколько въ настоящее время назрѣла необходимость въ созданіи такого ученаго института, можно видѣть, между прочимъ, изъ того, что не такъ давно на 1-мъ Менделѣевскомъ съѣздѣ химиковъ и физиковъ для увѣковѣченія памяти другого русскаго геніальнаго ученаго, Д. И. Менделѣева, было единогласно принято привезенное на этотъ съѣздъ многими московскими учеными физиками и химиками предложеніе о созданіи „Менделѣевскаго института", который долженъ имѣть совершенно такое же назначеніе, какъ и „Ломоносовскій институтъ". (Какъ извѣстно, былъ Высочайше утвержденъ въ

Россіи сборъ пожертвованій на сооруженіе „Менделѣевскаго института“).

Но несомнѣнно, что мы не настолько богаты матеріальными средствами и учеными силами, чтобы имѣть два одинаковыхъ по цѣли института: Ломоносовскій и Менделѣевскій; намъ подъ силу было бы создать лишь одинъ такой институтъ, который и слѣдовало бы назвать „Ломоносовско-Менделѣевскимъ институтомъ“, подобно тому, какъ въ Лондонѣ имѣется институтъ Дэви-Фарадея, выполняющій такія же функціи, какія намѣчаются и въ проектируемомъ институтѣ въ честь нашихъ ученыхъ. Но къ функціямъ предполагаемаго „Ломоносовско-Менделѣевскаго института“ слѣдовало бы прибавить еще одну функцію—это давать возможность безвозмездно продолжать въ немъ ученыя работы такимъ профессорамъ, которые, по выслугѣ лѣтъ въ профессорскомъ званіи, принуждены бываютъ прекращать свою службу въ высшихъ учебныхъ заведеніяхъ и передавать лабораторіи, имъ ввѣренныя, вновь поступающимъ коллегамъ.

Польза, которую принесутъ своими учеными работами въ проектируемомъ институтѣ такіе профессора, будетъ имѣть въ высшей степени плодотворное значеніе не только вообще для науки, но и для тѣхъ молодыхъ людей-практикантовъ, которые будутъ производить свои самостоятельныя ученыя изысканія. Насколько это желательно, можно видѣть изъ того, что покойный проф. Г. Г. Густавсонъ, по выходѣ въ отставку, принужденъ былъ продолжать свои изслѣдованія въ маленькой химической лабораторіи, которую онъ устроилъ у себя на квартирѣ, и всѣ свои деньги, около 30,000 руб., завѣщалъ Химическому обществу съ тѣмъ, чтобы онѣ были употреблены на устройство химической лабораторіи для такихъ лицъ, которыя, не найдя почему либо себѣ пристанища въ одной изъ русскихъ химическихъ лабораторій, могли бы въ ней производить свои научныя изысканія. Конечно, при созданіи „Ломоносовско-Менделѣевскаго института“ капиталъ проф. Г. Г. Густавсона могъ бы быть использованъ для той цѣли, каковая была указана жертвователемъ.

Средства на созданіе „Ломоносовско-Менделѣевскаго института“, конечно, должно дать государство, затраты котораго на это дѣло впослѣдствіи сторицею вознаградятся

плодами процвѣтанія двухъ наукъ, имѣющихъ очень важное значеніе не только для прогресса вообще, но и для развитія русской промышленности въ частности.

Профессоръ *В. Ипатьевъ.*

3. *Ломоносовская выставка.* Императорская Академія Наукъ, имѣя въ виду исполняющееся 8-го ноября 1911 г. двухсотлѣтіе со дня рожденія Ломоносова, постановила ознаменовать этотъ юбилей, между прочимъ, изданіемъ особаго Ломоносовскаго Сборника, въ которомъ будутъ напечатаны статьи, касающіяся жизни и научной и литературной дѣятельности Ломоносова, составленіемъ особаго Ломоносовскаго Отдѣла при библіотекѣ, а также устройствомъ выставки „Ломоносовъ и Елизаветинское время“. На выставкѣ этой будутъ собраны портреты великаго Русскаго ученаго, его семьи и современниковъ, его покровительницы—Императрицы Елисаветы Петровны и ея сотрудниковъ, а также представлено все Елизаветинское время въ наиболѣе крупныхъ его культурныхъ событіяхъ, такъ или иначе связанныхъ съ именемъ Ломоносова, какъ напримѣръ: основаніе Московскаго Университета, Академіи Художествъ и гимназій въ Москвѣ и Казани, начало русской журналистики, русскаго драматическаго и召 опернаго театра, основаніе Морского Корпуса, начало мозаичнаго дѣла, изданіе первой Библіи, упорядоченіе домашняго воспитанія и т. д.

Подготовительныя работы къ составленію Ломоносовскаго Отдѣла, изданію Ломоносовскаго Сборника и по устройству выставки уже начаты Академіею въ лицѣ особой Коммиссіи. Коммиссія, сознавая всю сложность намѣченныхъ предположеній, постановила въ послѣднемъ засѣданіи своемъ обратиться, при посредствѣ повременной печати, ко всѣмъ лицамъ, которыя, обладая рукописями Ломоносова или документами, его касающимися, или же предметами, подходящими къ задачамъ выставки (какъ-то: книгами, портретами, художественными вещами, рукописями и т. под.), могли бы прислать Академіи или самые предметы, или сообщить свѣдѣнія о нихъ.

Академія глубоко убѣждена, что Русскому обществу дорога память о Ломоносовѣ, и что Академія встрѣтитъ

общее сочувствіе и содѣйствіе осуществленію достойнаго чествованія памяти великаго Русскаго ученаго.

Сообщенія слѣдуетъ обращать по адресу: С.-Петербургъ, въ Императорскую Академію Наукъ, Непремѣнному Секретарю.

Библіографія.

4. *Max Planck.* Acht Vorlesungen über theoretische Physik. Leipzig. Hirzel. 1910. стр. 127.

Содержаніе:

I. Введеніе. Обратимость и необратимость. II. Термодинамическія состоянія равновѣсія въ разбавленныхъ растворахъ. III. Атомистическая теорія матеріи. IV. Уравненіе состоянія одноатомнаго газа. V. Электродинамическая теорія теплового лучеиспусканія. VI. Статистическая теорія теплового лучеиспусканія. VII. Общая динамика. Начало наименьшаго дѣйствія. VIII. Общая динамика. Принципъ относительности.

Мало въ мірѣ ученыхъ, которымъ посчастливилось бы изложить просто и ясно на немногихъ страницахъ плоды своей долгой научной дѣятельности и убѣдиться послѣ окончанія своего труда, что онъ въ общихъ чертахъ показываетъ все содержаніе изучаемой ими науки. Такимъ счастливцемъ оказался проф. М. Планкъ. На 127 страницахъ своихъ восьми лекцій, прочитанныхъ въ Колумбійскомъ Университетѣ въ Нью-Іоркѣ, онъ далъ намъ совершенный и законченный образъ современной системы теоретической физики, не сходя при этомъ ни на шагъ съ почвы, которую онъ вспахалъ собственнымъ трудомъ.

Въ лекціяхъ этихъ сочетались простота и ясность съ научною строгостью и глубиною философской мысли, а умъ ученаго съ вѣщею душою пророка. Онѣ вводятъ насъ въ новый міръ, созданный геніемъ Максвелла, Больтцмана, Г. А. Лорентца, Планка, Эйнштейна, Минковскаго. Это обѣтованная земля физики, и вотъ мы у ея порога. Удастся ли

намъ ее покорить, или она останется для насъ навсегда только чуднымъ видѣніемъ? Три источника орошаютъ ея почву и придаютъ ей фантастическую плодородность и силу дѣвственной природы. Это начала наименьшаго дѣйствія, энтропіи и относительности. Мы у ихъ источника, и въ ихъ хрустально чистой водѣ отражается весь міръ, вся природа, и, точно въ фокусѣ, сходятся въ ней всѣ лучи отъ всего происходящаго.

Здѣсь не мѣсто излагать содержаніе этой вѣщей книги, но читатели Физическаго Обозрѣнія могутъ судить о немъ по Лейденской и Кенигсбергской рѣчамъ Планка. Въ этихъ лекціяхъ Планкъ развиваетъ высказанные въ указанныхъ рѣчахъ взгляды путемъ разсужденія и математическаго анализа передъ аудиторіей избранныхъ слушателей. О мастерствѣ его изложенія можно судить уже потому, что, напримѣръ, во II-й главѣ на 18 страницахъ изложены полностью всѣ основы физической химіи. Нѣтъ также лучшаго и болѣе элементарнаго источника для первоначальнаго знакомства со статистическимъ понятіемъ энтропіи въ его приложеніи къ матеріи и эѳиру, чѣмъ III—VI главы этой книги. Но вѣнцомъ ея, безъ сомнѣнія, слѣдуетъ считать VII лекцію о принципѣ наименьшаго дѣйствія. Планкъ, вполнѣ справедливо считающій это начало самымъ важнымъ и основнымъ, на цѣломъ рядѣ примѣровъ съ поразительнымъ изяществомъ показываетъ его примѣненіе къ различнымъ областямъ физики. Съ нимъ мы встрѣчаемся и въ послѣдней главѣ о принципѣ относительности, гдѣ подъинтегральная функція въ аналитическомъ выраженіи начала наименьшаго дѣйствія составляетъ въ теоріи относительности одинъ изъ важнѣйшихъ инваріантовъ, такъ называемое „количество дѣйствія". Кстати замѣтить, что и въ тепловомъ лучеиспусканіи величина того же размѣра, а именно „элементарное количество дѣйствія" играетъ первостепенную роль въ Планковской теоріи.

Благодаря ли случаю, или скорѣе прекрасному обычаю американскихъ университетовъ приглашать наиболѣе выдающихся ученыхъ для изложенія въ циклѣ лекцій своихъ научныхъ воззрѣній, главные этапы въ борьбѣ стараго міросозерцанія съ новымъ неразрывно связаны съ Америкой.

Такъ, въ Балтиморѣ Лордъ Кельвинъ прочелъ свой знаменитый курсъ Балтиморскихъ лекцій о механической теоріи эѳира, эту вѣщую импровизацію, которая, какъ онъ самъ замѣтилъ съ грустью подъ конецъ своей жизни, была лебединой пѣснью механическаго міросозерцанія. А въ Нью-Іоркѣ Планкъ 25 лѣтъ спустя, какъ бы въ оффиціальной нотѣ возвѣстилъ всѣмъ ученымъ и всему человѣчеству объ окончательномъ паденіи стараго кумира и о зарожденіи новаго міросозерцанія, которое обѣщаетъ покорить всю физику и даже еще больше, всю природу. *Б. Шишковскій.*

5. *Physik der Erde von D-r M. P. Rudzki* o. Professor an der Universität Krakow. Leipzig. 1911. Chr. Herm. Tauchnitz. S. IV + 584.

Книга эта представляетъ переводъ съ польскаго оригинала, изданнаго въ 1909 г. въ Краковѣ, подъ заглавіемъ: „Fizika ziemi". Ея содержаніемъ служитъ наука, которую въ русской учебной литературѣ принято называть Физической Географіей.

По своему характеру книга проф. Рудзскаго мало походитъ на тѣ учебники, съ которыми мы привыкли имѣть дѣло. Описательная часть въ ней сведена до минимума; за то широко трактуются всѣ вопросы, къ рѣшенію которыхъ можетъ быть приложенъ точный математическій анализъ. Авторъ при этомъ обнаруживаетъ прямо исключительную освѣдомленность въ различныхъ областяхъ прикладной математики, механики, теоріи упругости и т. д. По этой книгѣ студенты, конечно, не будутъ готовиться къ экзамену; она предназначена для лицъ, желающихъ спеціально изучить данную науку въ ея современномъ состояніи и получить строгую подготовку для самостоятельной работы. Для нихъ трактатъ проф. Рудзскаго будетъ служить надежнымъ руководствомъ. Изложеніе въ немъ сжато, но ясно; тѣ математическія операціи, которыя выходятъ за предѣлы обычнаго университетскаго курса, авторъ подробно поясняетъ. Трудно передать въ двухъ словахъ богатое содержаніе книги, кстати сказать превосходно изданной. Прежде всего въ ней разбираются вопросы о фигурѣ земли, о геодезическихъ ея измѣреніяхъ и о распредѣленіи силы тяжести по земной поверхности. Далѣе авторъ говоритъ о состояніи внутреннихъ частей зем-

ного шара, о землетрясеніяхъ и распространеніи сейсмическихъ волнъ. Весьма интересна глава о деформаціяхъ, гдѣ разсмотрѣны различныя причины, стремящіяся измѣнить видъ поверхности земли. Здѣсь нѣсколько поражаетъ то обстоятельство, что авторъ оставилъ безъ разсмотрѣнія тетраэдрическую теорію Грина. Далѣе слѣдуетъ изложеніе океанологіи; особенное вниманіе авторъ посвящаетъ движеніямъ моря: очень подробно разбирается волнообразное движеніе, стоячія колебанія, къ которымъ относятся такъ называемыя сейши, приливы и отливы и наконецъ морскія теченія.

Динамическая теорія рѣкъ служитъ содержаніемъ слѣдующей главы. Наконецъ, двѣ послѣднія главы трактуютъ о ледникахъ и ледниковомъ періодѣ, причемъ авторъ разбираетъ всевозможныя причины, которыми пытались его объяснить.

Трактатъ проф. Рудзскаго имѣетъ теоретическій характеръ, и описанія приборовъ въ немъ нѣтъ. Обращаютъ на себя вниманіе превосходные снимки, иллюстрирующіе текстъ: они по большей части выполнены самимъ авторомъ.

Ч. Т. Бялобржескій.

6. Обзоръ новыхъ каталоговъ. *F. Ducretet et E. Roger*. Paris, 75, rue Claude Bernard. Petit Catalogue bleu, 6-e édition.

The Cambridge Scientific Instrument Co. Ltd. Meldomètre Joly.—H. et M. Armoured Thermometers.—Méker Burners and Furnaces. — Extensomètre de Cambridge. — Machine pour les éssais des chocs répétés.—The Bi-meter CO_2 recorder.

Franz Schmidt und Haensch. Berlin. Prinzessinnen Strasse, 16. *Spektralapparate*: Abt. A. Lichtquellen. Abt. B. Spalte, Okulare, Autokollimationsspiegel, Bolometer, Thermo-Säulen und Radiomikrometer. Abt. D. Taschenspektroskope. Abt. E. Spektroscope mit Fernrohr. Interferenz-Spektroskope.
